



# Distribuição histórica e atual do gastrópode intertidal *Littorina littorea* ao longo da costa portuguesa

Beatriz Rodrigues Cunha Ferreira Tavares

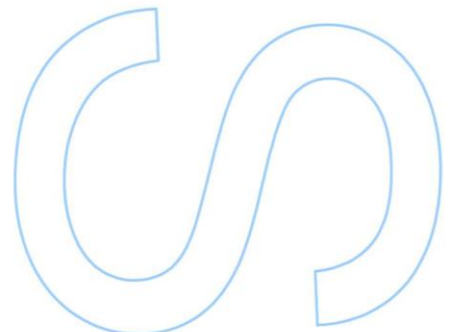
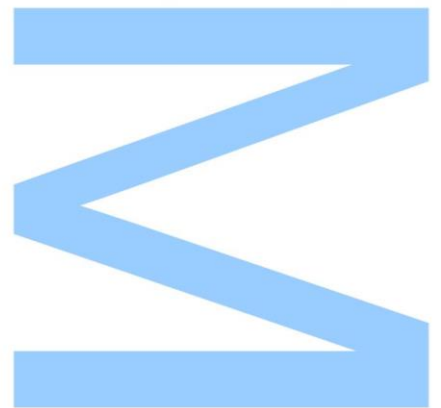
Mestrado em Ecologia, Ambiente e Território  
Departamento de Biologia  
2015

## Orientador

Marcos Rubal, Investigador Pós Doc, CIIMAR, FCUP

## Coorientador

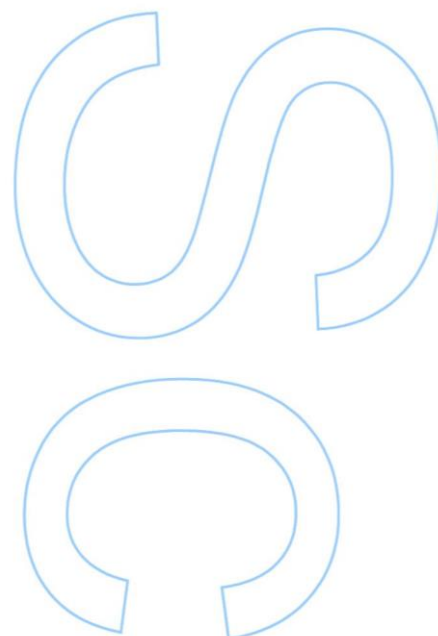
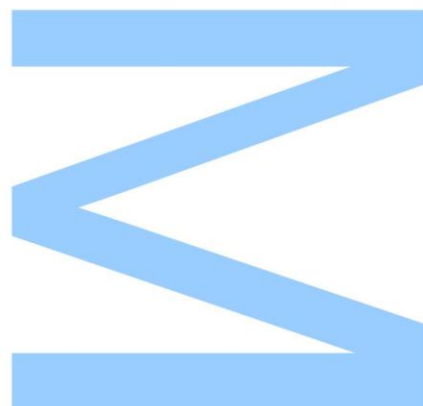
Isabel Sousa Pinto, Professor Associado, FCUP, CIIMAR



Todas as correções determinadas  
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_



## Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus orientadores Marcos Rubal e Isabel de Sousa Pinto pela disponibilidade e toda a ajuda prestada.

Ao CIIMAR e à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto pela oportunidade de fazer parte deste projeto.

Ao diretor do programa de mestrado, Nuno Formigo, por se ter mostrado sempre disponível para qualquer esclarecimento.

Por fim, e não menos importante, à minha família pela oportunidade que me deram de concluir este ciclo de estudos.

## Resumo

A *Littorina littorea* é um gastrópode intertidal que, segundo Nobre (1940), é abundante em todo o litoral português exceto na costa do Porto. A maioria dos restantes estudos sobre a espécie referem-se a locais no centro e norte da Europa, como Reino Unido, Alemanha, ou Dinamarca, sendo poucos os estudos feitos sobre as populações desta espécie em Portugal. A bibliografia refere que a maior diferença morfológica está entre os indivíduos de costa rochosa e de estuário (De Wolf, 2001): indivíduos de costa rochosa têm concha maior, mais dura e forte (Eschweiler, 2009), há poucos juvenis em costa rochosa e poucos adultos em estuário (Hyllerberg e Christensen, 1987). É uma espécie herbívora que come principalmente microalgas e algumas macroalgas (Watson & Norton, 1985). O presente trabalho tem dois objetivos: verificar a distribuição atual da *Littorina littorea* em Portugal continental, e estabelecer a comparação entre indivíduos de populações estuarinas e de praias rochosas no nosso país. Para isso, após a revisão da literatura, foram efetuadas 6 saídas de campo a estuários do norte do país, à praia de Viana do Castelo e à Ria de Aveiro, sendo os dois últimos escolhidos para a análise comparativa. Nestas saídas foi usado um quadrado de 50x50 cm para medir as densidades, e depois uma craveira para medir o tamanho das conchas; posteriormente foi feito um teste ANOVA para verificar as diferenças de abundância, um teste de Kolmogorov-Smirnov para as diferenças de tamanho, e foi feito ainda um gráfico de dispersão para verificar se o tamanho da concha tinha alguma correlação com o número de poliquetas tubícolas nela presente. A distribuição da espécie em Portugal está claramente em mudança, com o seu limite sul atualmente na lagoa de Óbidos, e outras populações apenas no estuário do Mondego, Ria de Aveiro e praia de Viana do Castelo, sendo que na Ria de Aveiro a população diminuiu drasticamente; as causas possíveis para estas mudanças são a apanha, a contaminação no local, ou as alterações climáticas, sejam elas o aumento da temperatura, o aumento de tempestades ou da ondulação. O padrão de diferenças entre indivíduos de praia rochosa e de estuários referido na literatura não se verificou nas populações portuguesas, possivelmente por ser o limite sul de distribuição da espécie e esta estar aqui sujeita a condições de *stress* que não encontra nos outros locais, mas ainda há poucas explicações para este padrão.

## Palavras-Chave

*Littorina littorea*; Alterações climáticas; Pressões antrópicas; Praias rochosas; Estuários

# Abstract

*Littorina littorea* is an intertidal gastropod that, according to Nobre (1940), is abundant along all the Portuguese coast except in Porto. The majority of the other studies related to this species refer to places in central and north Europe, like United Kingdom, Germany or Denmark, and there are few studies about the species in Portugal. Bibliography refers that the greatest morphological difference is found between individuals from rocky shore and estuary (De Wolf, 2001): the ones from rocky shore have a stronger, thicker and bigger shell (Eschweiler, 2009), there are few juveniles in rocky shore and few adults in estuary (Hyllerberg & Christensen, 1987). This is an herbivorous species that feeds mainly in microalgae and some macroalgae (Watson & Norton, 1985). This work has two goals: to verify the current distribution of *Littorina littorea* in continental Portugal, and to establish a comparison between individuals from rocky shore and estuary in our country. For that, and after reviewing the literature, we made 6 field trips to estuaries from northern Portugal, to Viana do Castelo beach and Ria de Aveiro, and these last two places were chosen for the comparative analysis. In this trips we used a square of 50x50 cm to determine the densities, and then a caliper to measure shell size; then we made an ANOVA test to verify the abundance differences, a Kolmogorov-Smirnov test for the size differences, and a dispersion graph to verify if shell size was correlated with the number of serpulid polychaeta on it. The distribution of this species in Portugal is clearly changing, with its southern limit currently in Lagoa de Óbidos, and other populations only in Mondego estuary, Ria de Aveiro and Viana do Castelo beach, wherein Ria de Aveiro population has dramatically decreased; the possible causes for these changes are local picking, contamination of the environment, or climate changes, whether it is global warming, the increase in storminess or waving. The pattern of differences between individuals from rocky shores and estuary referred in literature has not been verified in Portuguese populations, possibly because this is the southern limit of the specie's distribution and it is under stress conditions that it doesn't find in other places, but there are still very few explanations to this pattern.

# Keywords

*Littorina littorea*; Climate change; Anthropic pressures; Rocky shores; Estuaries

# Índice

1 Introdução.....	1
2 Materiais e métodos.....	6
2.1 Revisão bibliográfica .....	6
2.2 Recolha de dados .....	6
2.3 Análise Estatística dos Dados .....	8
3 Resultados.....	9
3.1 Revisão bibliográfica .....	9
3.2 Rochoso.....	11
3.3 Estuários .....	12
3.4 Estuário vs. Rochoso.....	13
4 Discussão e conclusões .....	19
5 Referências bibliográficas .....	28
Anexo 1 – Tabela bibliográfica de estuários e lagoas portuguesas .....	0

## Lista de figuras

Figura 1 - Imagem de <i>Polydora ciliata</i> e exemplo de um seixo com buracos causados por este poliqueta .....	1
Figura 2- Exemplos de <i>Littorina littorea</i> - (a) e (b): populações rochosas; (c): cracas a viver numa concha de <i>Littorina littorea</i> .....	2
Figura 3 - Distribuição da <i>Littorina littorea</i> no mundo, com destaque para Portugal continental, segundo Fretter & Graham (1980) .....	4
Figura 4 - Exemplo de quadrado 50x50 cm usado na recolha de dados .....	7
Figura 5 - <i>Littorina littorea</i> , durante as amostragens .....	8
Figura 6 - Distribuição da <i>Littorina littorea</i> , em estuários, segundo a bibliografia .....	10
Figura 7 - Praias rochosas com a presença de <i>Littorina littorea</i> , nas amostragens.....	11
Figura 8 - Distribuição da <i>Littorina littorea</i> , em estuários, nas amostragens.....	12
Figura 9 - Locais visitados para estabelecer a comparação entre populações estuarinas e populações de ambiente rochoso .....	13
Figura 10 - Abundância de <i>Littorina littorea</i> em Viana do Castelo e na ria de Aveiro (2015) .....	14
Figura 11 - Distribuição das classes de tamanhos da <i>Littorina littorea</i> em Aveiro (2014) .....	15
Figura 12 - Distribuição das classes de tamanhos da <i>Littorina littorea</i> em Viana do Castelo (2014) .....	16
Figura 13 - Gráfico de dispersão e reta de correlação linear entre o tamanho da concha e o número de poliquetas .....	17
Figura 14 - <i>Littorina littorea</i> com epibiontes na concha .....	25
Figura 15 - Volume (a) e peso (b) da <i>Littorina littorea</i> com e sem epibiontes na concha (Buschbaum & Reise, 1999) .....	25
Figura 16 - Velocidade de locomoção da <i>Littorina littorea</i> com e sem epibiontes na concha (Buschbaum & Reise, 1999) .....	26
Figura 17 – Ovos libertados por dia e por fêmea de <i>Littorina littorea</i> com epibiontes na concha, sem epibiontes na concha e após os epibiontes serem removidos (Buschbaum & Reise, 1999) .....	26
Figura 18 – Número de caracóis mortos com e sem epibiontes na concha (Buschbaum & Reise, 1999) .....	26

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Número de animais encontrados nas amostragens, por local .....	14
Tabela 2 - Teste de variância (ANOVA) para a abundância dos indivíduos entre os dois ambientes .....	14
Tabela 3 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para a diferença de tamanhos entre as duas populações .....	16
Tabela 4 - Tamanho dos indivíduos e número de poliquetas na concha (Viana do Castelo, 2014) .....	17
Tabela 5 – (a) Temperaturas que induzem o coma e temperaturas letais (Sandison, 1967); (b) Temperatura letal para as espécies estudadas (Evans, 1948); (c) Comparação das temperaturas que induzem o coma e das temperaturas letais, em água (Sandison, 1967).....	21
Tabela 6 – Tempo de sobrevivência das espécies quando expostas a temperaturas superiores ao normal (Evans, 1948) .....	22





# 1 Introdução

O gastrópode intertidal *Littorina littorea* (Linnaeus, 1758) tem uma concha oval, de cor castanha esverdeada com riscas escuras e esbranquiçadas, transversais, cuja espiral tem 5-6 voltas convexas (Nobre, 1940). O tamanho da concha nesta espécie pode variar entre os 2 mm e os 26 mm (Gardner, 1987), e é uma espécie que apresenta pouca variação morfológica (Janson, 1987). Aparentemente, a maior diferença está entre os indivíduos de costa rochosa e de estuário (De Wolf, 2001). Tudo indica que as populações estuarinas se desenvolvem mais cedo devido às melhores condições ambientais, nomeadamente um habitat mais protegido e maior disponibilidade de alimento. Eschweiler *et al.* (2009) referem uma diferença quanto ao tamanho da concha, com conchas maiores, mais duras e fortes na costa rochosa do que no estuário por duas razões: a exposição à ondulação faz com que a concha tenha de servir como mecanismo de defesa (Hylleberg & Christensen, 1987); as melhores condições em ambiente de estuário fazem com que os animais cresçam mais rapidamente, resultando numa concha mais fina e pequena. Os indivíduos das costas rochosas crescem mais lentamente, resultando numa concha maior. Apesar de parecer contraditório, quanto mais espessa for a concha, menos massa corporal do animal consegue acomodar. Outra conclusão a que o autor chegou foi a de que existem poucos juvenis em costa rochosa e poucos animais adultos em estuários. A primeira conclusão explica-se pela maior exposição à ondulação das costas rochosas, já que os animais juvenis são mais frágeis e poucos conseguem resistir ao efeito das ondas. O facto de as populações estuarinas terem poucos indivíduos adultos pode-se dever a várias razões: um poliqueta parasita específico da *L. littorea* - *Polydora ciliata* (Johnston, 1838) – com preferência por animais adultos, que causa buracos na sua concha, podendo levar à morte, e maior abundância de trematodes em estuários, que não afetam indivíduos abaixo dos 12 mm (Lauckner, 1984); a segunda explicação é a presença do predador *Carcinus maenas* (Linnaeus, 1758), que prefere indivíduos maiores e infetados por *P. ciliata*, que é mais comum em estuários.



Figura 1 - Imagem de *Polydora ciliata* e exemplo de um seixo com buracos causados por este poliqueta

O desenvolvimento das gónadas apresenta diferenças de acordo com o género. Os machos apresentam um pénis bem desenvolvido quando a concha atinge os 13 mm, enquanto os óvulos das fêmeas são claramente reconhecíveis quando a concha tem apenas 8 mm (Pelseneer, 1926), pelo que as fêmeas atingem a maturação sexual mais cedo. No que toca à desova, esta não reúne consenso sobre a altura em que ocorre pois, conforme diz Deguzan (1976), o período de maior desova varia consoante a latitude e o local. O mesmo autor refere a espécie como sendo ovípara com ovos pelágicos, e que o período de atividade sexual inicia-se a partir do segundo inverno, sendo que a desova geralmente ocorre na primavera. Os resultados de Linke (1933) parecem estar em concordância, uma vez que o autor refere a desova entre março e maio, mas admite que possa começar em Janeiro ou estender-se até inícios de Junho. A desova dá-se uma a duas horas após o acasalamento, com a fêmea a libertar cápsulas gelatinosas que contêm, cada uma, uma média de um a cinco ovos que terão uma vida planctónica (Tattersall, 1971). Estas cápsulas são postas na maré alta durante a noite (Linke, 1933; Deguzan, 1976) e são depois arrastadas nas fortes correntes, sobretudo na maré vaza. Este processo ocorre de forma intermitente durante vários meses, pelo que uma fêmea pode pôr cerca de 5000 cápsulas durante um ano (Deguzan, 1976). A eclosão das cápsulas ocorre de entre 5 a 6 dias após a desova (Tattersall, 1920). Elmhirst (1932) diz que os juvenis começam a surgir com abundância na costa em Abril, e Moore (1937) em Maio e Junho, o que acompanha o período de desova na primavera. No entanto, Fish (1972), comparando uma população estuarina com uma de ambiente rochoso, refere uma desova mais prematura da população estuarina, ocorrendo em Janeiro, sendo que as condições mais favoráveis nos estuários podem ser explicativas do facto de esta ocorrer mais cedo.



Figura 2- Exemplos de *Littorina littorea* - (a) e (b): populações rochosas; (c): cracas a viver numa concha de *Littorina littorea*

Relativamente ao crescimento, Fish (1972), usando como indicador de crescimento o aumento da altura da concha, refere que os indivíduos jovens têm uma taxa de crescimento muito alta, e que nos indivíduos adultos esta taxa é muito baixa, sendo até difícil distinguir quais os indivíduos mais velhos nas amostras, por apresentarem pouca diferença de tamanho. No que toca aos indivíduos jovens, o crescimento é mais rápido nas populações estuarinas do que nas de praia rochosa.

No que toca ao comportamento alimentar, esta é uma espécie herbívora que, embora as microalgas constituam a sua principal fonte de alimento, é também capaz de se alimentar de uma grande variedade de macroalgas (Watson & Norton, 1985), sendo considerada, para estes efeitos, uma espécie generalista. As macroalgas apenas são consumidas se houver um longo período sem disponibilidade de outro alimento (Lubchenco, 1978). Esta flexibilidade perante diferentes fontes de alimento pode levar a que a espécie tenha uma maior probabilidade de sobrevivência quando confrontada com condições adversas do meio (Imrie *et al.*, 1990).

A sua zonação nas praias, está restrita a uma pequena parte da zona de marés (Moore, 1937). É mais comum em locais com a presença da alga *Fucus spiralis* (Linnaeus, 1753), (Daguzan, 1976), e apresenta uma distribuição típica das espécies intertidais: abundante na zona litoral, mas rara nas águas superficiais subtidais, sendo que estes últimos animais são maiores do que os primeiros (Perez *et al.*, 2009).

A espécie tem um importante papel ecológico nas comunidades em que se encontra; Scheibling *et al.* (2008) demonstram que pode ser um importante herbívoro de macroalgas, incluindo invasoras. Em praias do norte do Canadá, a *L. littorea* mostrou ser uma solução eficaz para controlar as populações de algas invasoras, nomeadamente de *Codium fragile* (Suringar) ssp. *tomentosoides* (van Goor) Silva, ao alimentar-se dos seus talos (Scheibling *et al.*, 2008). Sendo generalista no que toca ao tamanho e à espécie do alimento, a *L. littorea* consome uma grande quantidade de micro e macroalgas (Lubchenco, 1978), o que pode condicionar a existência de outras espécies de gastrópodes, conforme demonstrou Petraitis (1989). Por exemplo, a competição interespecífica entre a *L. littorea* e a lapa *Notoacmea testudinalis* (Müller, 1776) levou a uma maior taxa de mortalidade desta última devido à competição pelo alimento (Petraitis, 1989). No entanto, segundo o mesmo autor, pequenas densidades de *L. littorea* podem ser benéficas para a lapa, ao remover algas filamentosas que impedem as microalgas de que a lapa se alimenta de se desenvolverem. Tamelen (1987) diz ainda que, ao remover as algas das superfícies onde as cracas se agarram, a *L. littorea* promove o seu aumento indireto. No entanto, Buschbaum (2000) defende que a predação de algas nas conchas de mexilhões pode contribuir para a morte de cracas aí recém fixadas, diminuindo a capacidade de sobrevivência da população.

Enquanto gastrópode boreal, a distribuição da espécie *Littorina littorea* à escala global parece estar intimamente relacionada com a variabilidade latitudinal, o que faz com que seja mais abundante no norte da Europa. Ocorre no Atlântico este, do mar branco até ao sul de Portugal, e oeste, de Nova Jersey a Labrador (Fretter & Graham, 1980), e atinge o seu tamanho maior nas zonas mais a norte dos seus limites de distribuição.

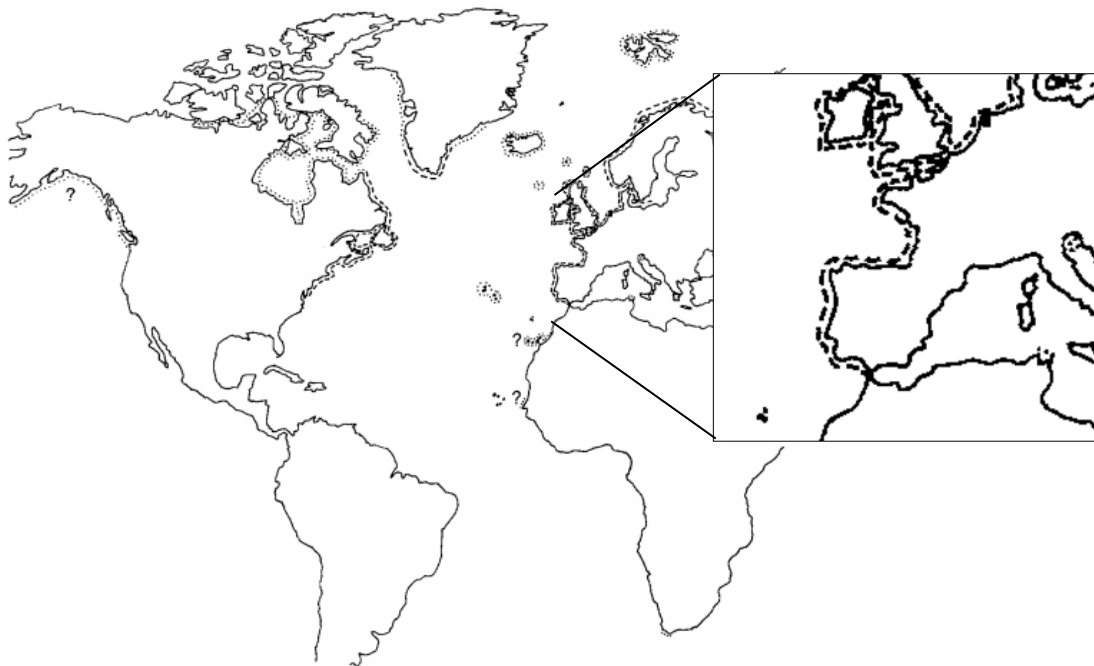


Figura 3 - Distribuição da *Littorina littorea* no mundo, com destaque para Portugal continental, segundo Fretter & Graham (1980)

Quanto à presença da espécie em Portugal, Augusto Nobre, em 1940, na sua obra “Moluscos marinhos e das águas salobras”, menciona a presença da espécie na barra do Minho, em Âncora, Montedor, Viana do Castelo, Leça da Palmeira, Aveiro, Figueira da Foz, Peniche, S. Martinho do Porto, Tejo, lagoa de Albufeira, Setúbal e Vila Nova de Milfontes. O autor não só menciona a presença da espécie nestes locais, como ainda afirma que é muito abundante na zona litoral, especialmente nos locais onde se encontra mistura de água doce e salgada, à exceção da costa do Porto. No entanto, trabalhos mais recentes não apoiam estes dados (Rubal *et al.*, 2013). Assim, é necessário ter em consideração que as alterações climáticas, nomeadamente o aumento da temperatura da água do mar, pode ter influência na distribuição das espécies (Espinosa *et al.*, 2010). De facto, diversos estudos mostram que a distribuição dos gastrópodes intertidais está a mudar em Portugal. Espécies de água quente que têm o seu limite norte de distribuição na Península Ibérica podem beneficiar de um aumento da temperatura das águas do mar, podendo expandir mais

para norte o seu limite de distribuição, mas as boreais que têm neste local o seu limite sul de distribuição, podem ver a sua abundância reduzida ou mesmo desaparecer (Rubal *et al.*, 2013). O trabalho feito por Lima (2006) mostra que o gastrópode de águas quentes *Patella rustica* (Linnaeus, 1758) tem aumentado a sua área de distribuição para norte, na Península Ibérica, e que provavelmente uma das principais razões é a subida da temperatura das águas, bem como o gastrópode *Phorcus sauciatus* (Koch, 1845), mais típico na Galiza, e que chegou ao norte de Portugal no início deste século, pelas mesmas razões (Rubal *et al.*, 2014). Quanto à alteração da distribuição da *Littorina littorea*, comparativamente ao trabalho de A. Nobre, o trabalho de Rubal *et al.* (2013) mostrou que a espécie é rara nas praias rochosas à exceção de Viana do Castelo, e que atualmente parece estar confinada a ambientes estuarinos. Esta discrepância entre os dados históricos e os mais recentes mostra a necessidade de estudar mais aprofundadamente a distribuição da espécie na costa portuguesa.

De facto, existem poucos estudos e referências à espécie em Portugal, nomeadamente à sua exploração e utilização. Existe apenas uma menção à espécie, feita por Barroso, *et al.* (2007), que refere que em Aveiro a *Littorina littorea* tem um papel importante na gastronomia local, sendo altamente apreciada como marisco, o que leva a que nos últimos anos tenha vindo a ser sobre explorada por pescadores e habitantes locais, começando a enfrentar alguma pressão antrópica.

Tendo em conta que ainda são escassos os estudos sobre a espécie em Portugal, o presente trabalho pretende ser uma contribuição para encontrar a distribuição mais exata e atual da espécie, e também para verificar a dicotomia referida noutros estudos em relação às nuances da espécie entre os ambientes estuarinos e os de praia rochosa.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Revisão bibliográfica

A realização do presente trabalho teve como ponto de partida a consulta de um total de 111 artigos publicados em revistas científicas da especialidade, 73 dos quais referentes às comunidades macrobentónicas estuarinas de Portugal continental dos seguintes ambientes estuarinos: Arade (1 artigo), Douro (2 artigos), Ria de Aveiro (4 artigos), Ria Formosa (6 artigos), Guadiana (2 artigos), Lima (2 artigos), Minho (5 artigos), Mira (1 artigo), Mondego (22 artigos), Sado (3 artigos), Tejo (10 artigos), lagoa de Óbidos (3 artigos), lagoa de Albufeira (1 artigo), lagoa de Melides (2 artigos), lagoa de Sto. André (2 artigos), e 3 artigos referentes a Portugal continental completo. Foram ainda consultados artigos que se referem a estuários já mencionados, mas estudados como um conjunto: Mira, Odeceixe, Aljezur, Gilão e Bensafrim (1 artigo), Guadiana, Tejo, Lima e Minho (1 artigo), Portinho da Arrábida, Lagoa de St. André, Mira (1 artigo), Sado e Ria de Aveiro (1 artigo). Os principais aspetos tidos em conta foram a presença no artigo de uma lista detalhada das espécies encontradas, o registo da presença da espécie em questão, o ano e a zona em que foram feitas as amostragens. Os restantes 38 artigos são trabalhos realizados sobre a biologia e a ecologia da espécie noutros países, principalmente no Reino Unido, Alemanha e Dinamarca, e os resultados neles obtidos servem como ponto de comparação com os resultados obtidos neste estudo para Portugal continental.

### 2.2 Recolha de dados

Após a consulta bibliográfica ficou claro que a espécie se encontra ausente do sul do país, ao contrário do que ocorria na década de 40 do século XX. O local mais a sul onde se refere a presença da espécie é a lagoa de Óbidos, e a norte desta, apenas o estuário do Mondego e a ria de Aveiro. Tendo em conta que todos os artigos apontam para esta distribuição, foi este o ponto de partida para estabelecer a distribuição atual da espécie e escolher os locais para fazer a comparação entre uma população estuarina e uma de ambiente rochoso. Visto que as populações da lagoa de Óbidos e do estuário do Mondego estavam confirmadas, realizaram-se saídas de campo aos estuários do norte de Portugal, região mais provável para se encontrar a espécie



atualmente, para verificar a possível existência de mais uma população ainda não documentada, e escolheu-se a ria de Aveiro e a praia de Viana do Castelo para estabelecer a referida comparação.

Assim, nos dias 24, 25 e 26 de Março de 2015 foram realizadas saídas de campo aos ambientes estuarinos de Moledo, Vila Praia de Âncora e Viana do Castelo, praia de Viana do Castelo, e estuários em Esposende e Vila do Conde, respetivamente. Nos dias 26 e 27 de Maio e 18 de Junho, foram realizadas saídas de campo a três zonas distintas da ria de Aveiro: 26 de Maio – Bunheiro, 27 de Maio, Torreira, 18 de Junho – Barra.

Para encontrar as densidades das populações foi usado um quadrado de 50x50 cm, colocado sempre que um indivíduo da espécie era encontrado, para contar quantos indivíduos surgem nesse mesmo espaço.

Para comparar as características das populações de Viana do Castelo e da ria de Aveiro foram utilizadas recolhas de indivíduos efetuadas no verão de 2014, uma vez que os poucos dados das recolhas efetuadas em Aveiro em 2015 não permitem uma comparação entre as duas populações. O tamanho foi medido com o auxílio de uma craveira e foi ainda feita uma contagem dos epibiontes poliquetas tubícolas presentes nas conchas, de forma a constatar qual o habitat mais afetado por estes epibiontes, e se existe alguma correlação entre o tamanho da concha e a incidência destes poliquetas.

As duas figuras seguintes são exemplos de como foram feitas as amostragens.



Figura 4 - Exemplo de quadrado 50x50 cm usado na recolha de dados



Figura 5 - *Littorina littorea*, durante as amostragens

## 2.3 Análise Estatística dos Dados

Para testar a hipótese de que a abundância da *Littorina littorea* vai ser diferente entre o ambiente estuarino (Ria de Aveiro) e o ambiente de praia rochosa (Viana do Castelo) fez-se uma análise de variância (ANOVA) para estes dois locais. A análise foi feita tendo como base um modelo unidimensional, que incluía o fator Habitat (fixo, com dois níveis – estuário e rochoso) com  $n=15$ . Para testar a hipótese de que também o tamanho dos indivíduos vai variar consoante o habitat, foi usado o teste de Kolmogorov-Smirnov, para comparar a distribuição de tamanhos de um habitat com o outro. Para verificar se existe correlação entre o tamanho das conchas dos animais e o número de poliquetas nelas presentes foi feito um gráfico de dispersão para estas variáveis com o respetivo  $r^2$ , bem como o coeficiente de correlação. Todos os casos são acompanhados de gráficos ou tabelas que explicitam de forma mais simples os resultados encontrados através dos testes estatísticos.



## 3 Resultados

### 3.1 Revisão bibliográfica

Dos 73 artigos referentes a estuários de Portugal continental, 47 continham uma lista detalhada das espécies encontradas durante as respetivas amostragens, tendo sido detetada *Littorina littorea* em apenas 12, e os restantes 26 não continham lista, mas existe a referência à espécie num deles. Isto não impede a existência de *L. littorea* noutros locais, pois estes artigos sem lista apenas referem no texto as espécies mais relevantes encontradas no estuário, podendo haver a hipótese de existirem alguns indivíduos isolados da espécie em questão. Destes 73 artigos, 34 são referentes à zona intertidal, e 45 à zona subtidal, visto que alguns contêm amostragens de ambos os ambientes. A *Littorina littorea* surge em região intertidal na ria de Aveiro, no rio Mondego e na lagoa de Óbidos. Não foi registada a espécie em região subtidal. Com base nos trabalhos que incluem uma lista de espécies e não referem *Littorina littorea*, conclui-se que esta está ausente dos estuários do Douro, Arade, Tejo, Guadiana, Sado, Minho, Mira, Lima, Ria Formosa, Portinho da Arrábida, lagoa de Albufeira, lagoa de Melides, lagoa de Sto. André e dos ambientes estuarinos do sudoeste alentejano. Dos 11 artigos que relatam a presença da espécie, 2 são referentes à lagoa de Óbidos, 7 ao estuário do rio Mondego, 1 à ria de Aveiro e 1 a Portugal continental completo. As datas de amostragem destes trabalhos compreendem um período de Fevereiro de 1984 a Junho de 2009, comprovando a existência da espécie nestes locais pelo menos desde esta data. O facto de os dados mais recentes na literatura consultada serem referentes a 2009 pode ser também relevante para justificar alguns padrões. É de realçar que o estudo de Augusto Nobre (1940) menciona a presença da espécie nos estuários ao longo de toda a costa portuguesa, apenas referindo que é menos abundante no Porto e no Algarve. Estes resultados não estão em concordância com a restante literatura, nem com o presente trabalho. Os dados referentes a estes resultados podem ser consultados com mais detalhe no Anexo 1.

Apesar de no verão de 2014 terem sido encontrados indivíduos da espécie em 5 praias rochosas no norte do país, não há nenhum estudo recente que mencione a existência da espécie em ambiente rochoso em Portugal.

## Distribuição da *Littorina littorea*, em estuários, segundo a bibliografia

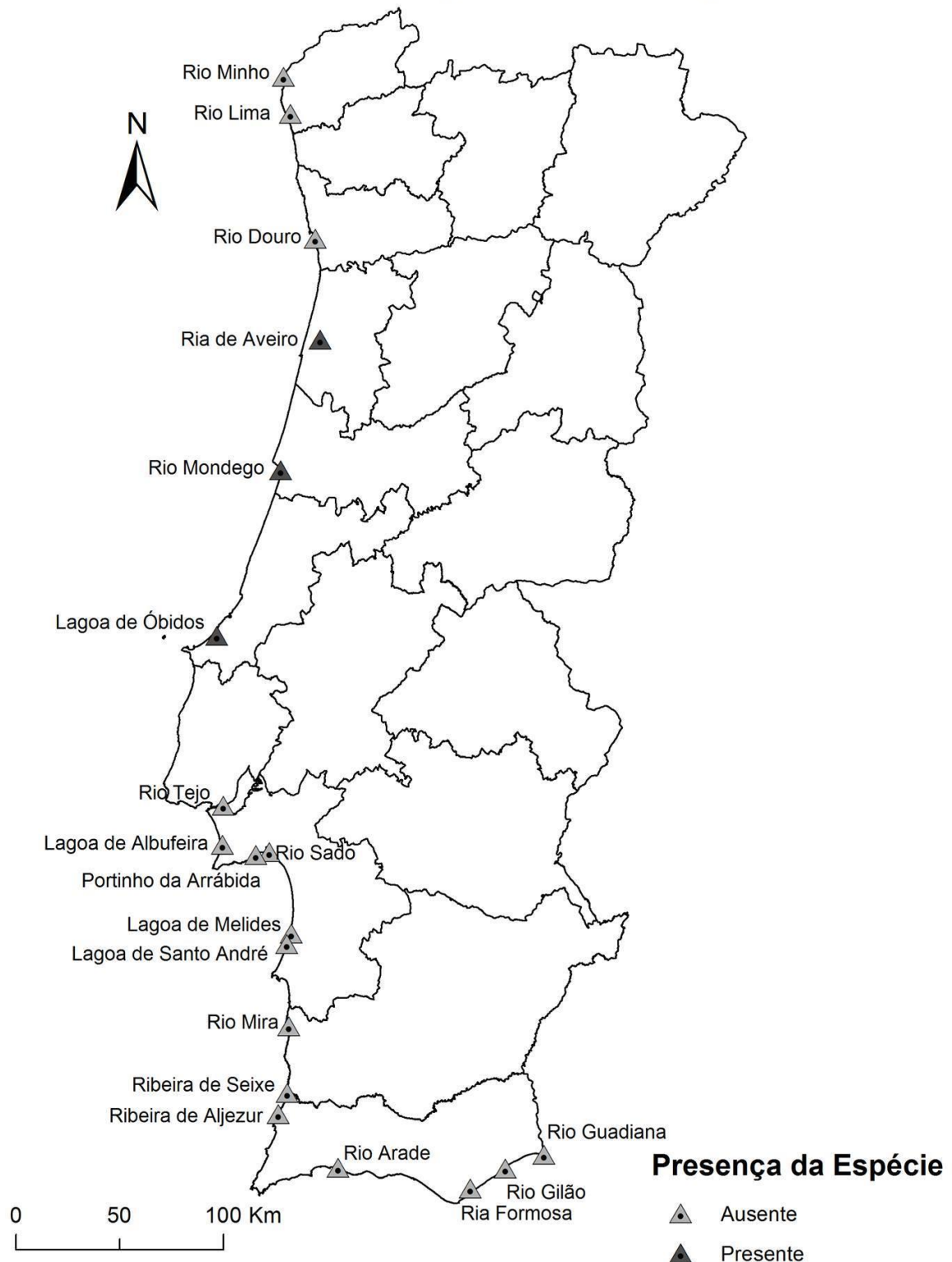


Figura 6 - Distribuição da *Littorina littorea*, em estuários, segundo a bibliografia

### 3.2 Rochoso

Durante o verão de 2014 foram amostradas 18 praias rochosas do norte do país. De todas estas amostragens, apenas 5 praias tinham a presença de *Littorina littorea*, conforme o mapa da figura 4: Foz do Douro, Leça da Palmeira, Cabo do Mundo, Gelfa e Viana do Castelo. As quatro primeiras populações não são consideradas viáveis pois apenas apresentaram um indivíduo. A população da praia de Viana do Castelo, com diversos indivíduos a viverem em comunidades, foi considerada uma população viável, sendo que os dados relativos às amostragens realizadas estão apresentados na tabela 1.

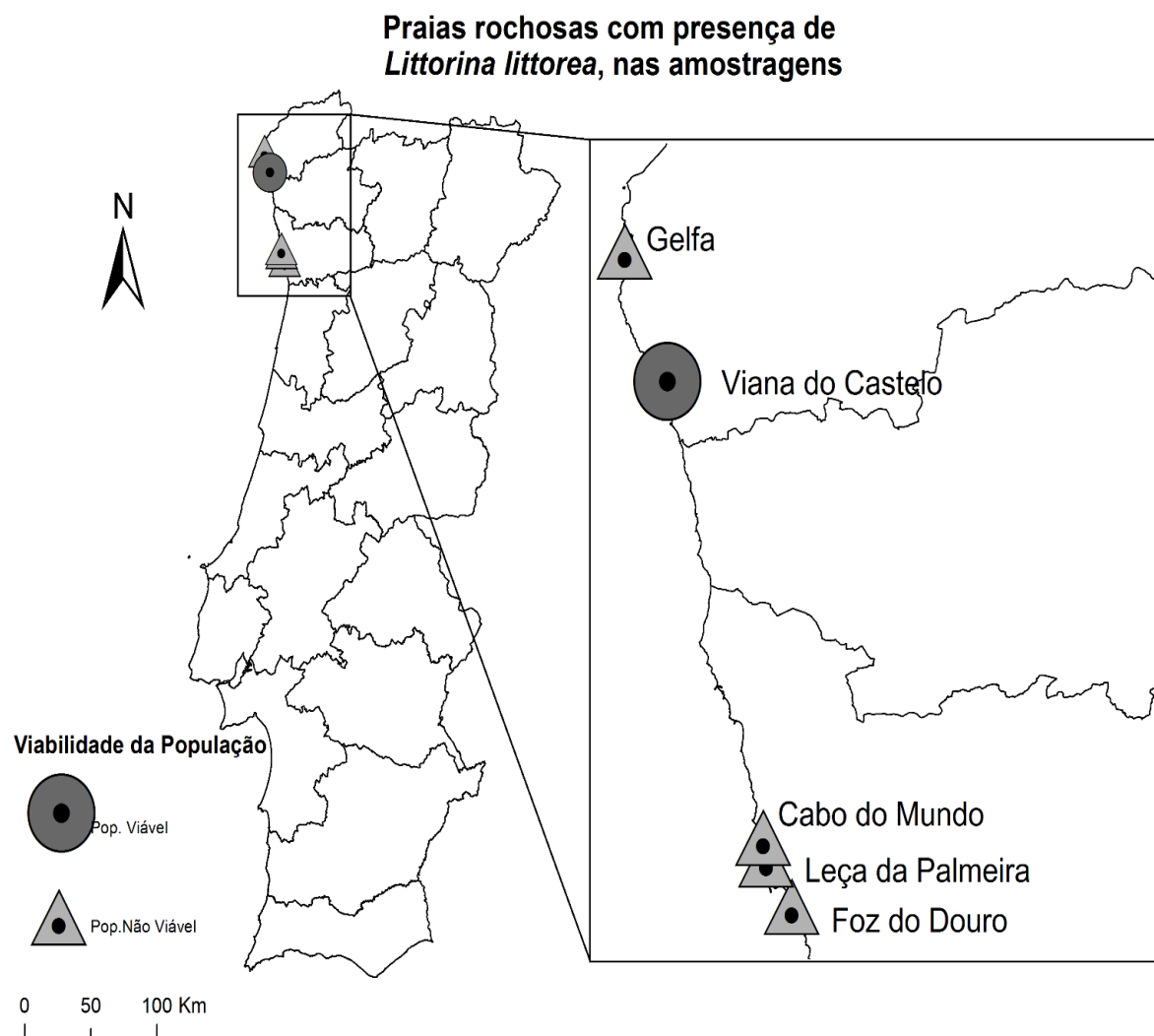


Figura 7 - Praias rochosas com a presença de *Littorina littorea*, nas amostragens

### 3.3 Estuários

Segundo Augusto Nobre, a espécie encontrava-se distribuída um pouco por todos os estuários do país. No entanto, literatura mais recente já não a menciona no sul do país. Tanto a literatura quanto as amostragens realizadas neste trabalho coincidem ainda quanto à ausência da espécie nos estuários do Âncora, Ave, Cávado, Douro, Lima e Minho. As saídas de campo realizadas à Ria de Aveiro demonstraram que do verão de 2014 até à Primavera de 2015 o número de indivíduos diminuiu drasticamente. O mapa seguinte mostra os locais onde foram realizadas as amostragens deste trabalho.



Figura 8 - Distribuição da *Littorina littorea*, em estuários, nas amostragens

### 3.4 Estuário vs. Rochoso

Depois de realizadas as amostragens, verificou-se que os melhores locais para estabelecer uma comparação entre a população estuarina e a população de ambiente rochoso seriam a Ria de Aveiro e a praia de Viana do Castelo, respetivamente. No entanto, após três saídas a diferentes zonas da ria, concluiu-se que nem todas apresentam a presença da espécie, tendo esta sido encontrada apenas na zona da Barra. A imagem seguinte mostra os locais que foram visitados para tentar estabelecer esta comparação. Assim, as análises seguintes focam-se apenas nos dados da praia de Viana do Castelo e na zona da Barra da Ria de Aveiro.



Figura 9 - Locais visitados para estabelecer a comparação entre populações estuarinas e populações de ambiente rochoso

Os locais em comparação neste estudo apresentaram os seguintes resultados

Tabela 1 - Número de animais encontrados nas amostragens, por local

Região	Praia	Data	Nº animais
Norte	Ria de Aveiro	2014	53
Norte	Ria de Aveiro	18-06-2015	4
Norte	Viana do Castelo	2014	50
Norte	Viana do Castelo	25-03-2015	26

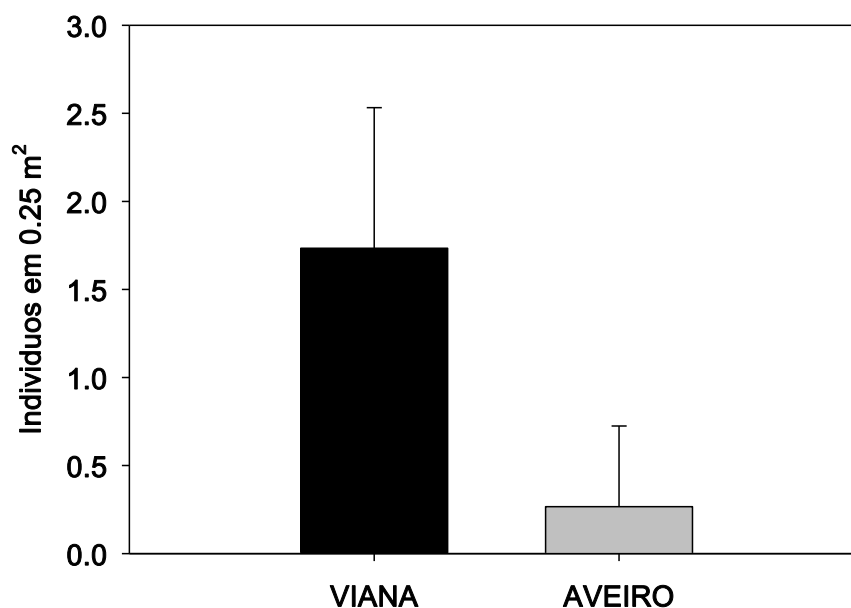


Figura 10 - Abundância de *Littorina littorea* em Viana do Castelo e na ria de Aveiro (2015)

Tabela 2 - Teste de variância (ANOVA) para a abundância dos indivíduos entre os dois ambientes

Experimental Details						
Number of factors: 1						
Factor 1 is Localidade has 2 levels is orthogonal and is fixed						
Number of replicates: 15						
Transform: Sqrt(X+1)						
Cochran's Test						
C = 0.6924 (Not Significant)						
Source	SS	D F	MS	F	P	
Lo	1.8693	1	1.8693	31.99	0.0000	RES
RES	1.6362	28	0.0584			
TOT	3.5055	29				

Inicialmente, o objetivo era comparar as diferenças de tamanhos entre as populações de Viana do Castelo e da Ria de Aveiro recorrendo aos dados recolhidos em diferentes datas durante 2015. No entanto, Uma vez no terreno, concluiu-se que não seria possível. As amostragens realizadas em Aveiro em 2015, como se vê na análise anterior, mostram que a população é muito escassa, e só foi possível recolher animais em uma data. Como tal, para contornar esta dificuldade, foram usados os dados das amostragens realizadas durante o Verão de 2014, uma vez que estes dados apresentam valores similares de abundância em Viana do Castelo e na Ria de Aveiro. Após esta análise comparativa dos tamanhos das duas populações, foram produzidos os seguintes gráficos, para a Ria de Aveiro e Viana do Castelo, respetivamente, e o teste de Kolmogorov-Smirnov:

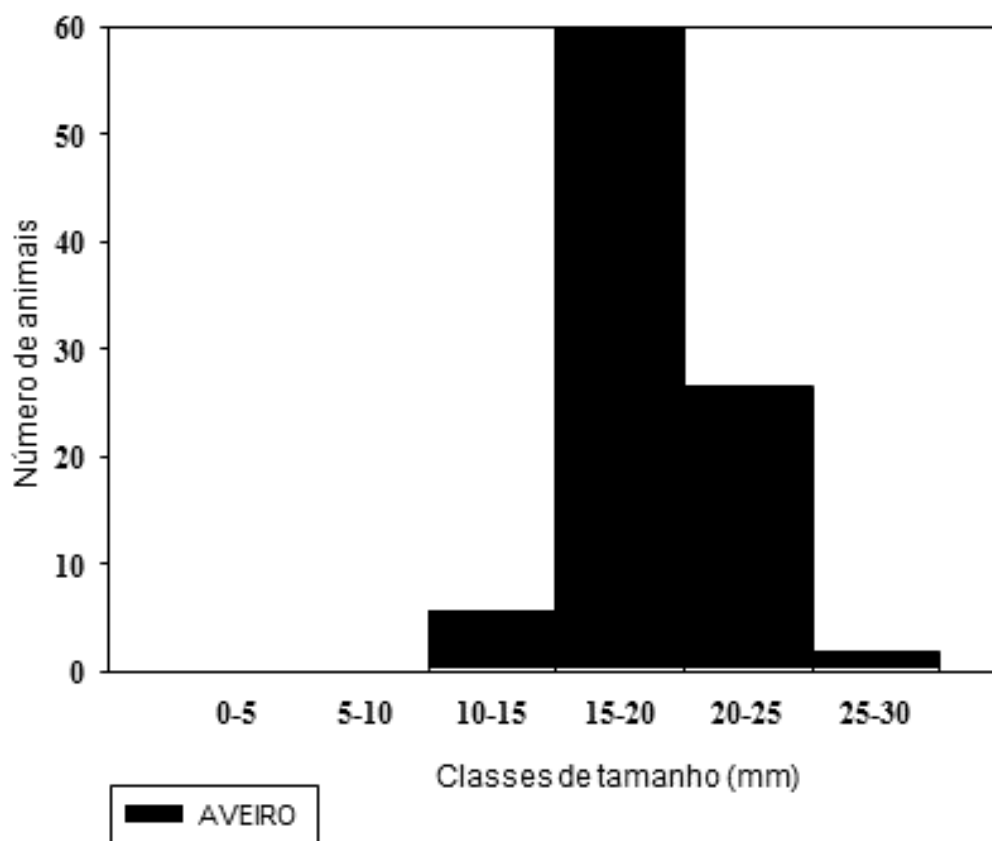


Figura 11 - Distribuição das classes de tamanhos da *Littorina littorea* em Aveiro (2014)

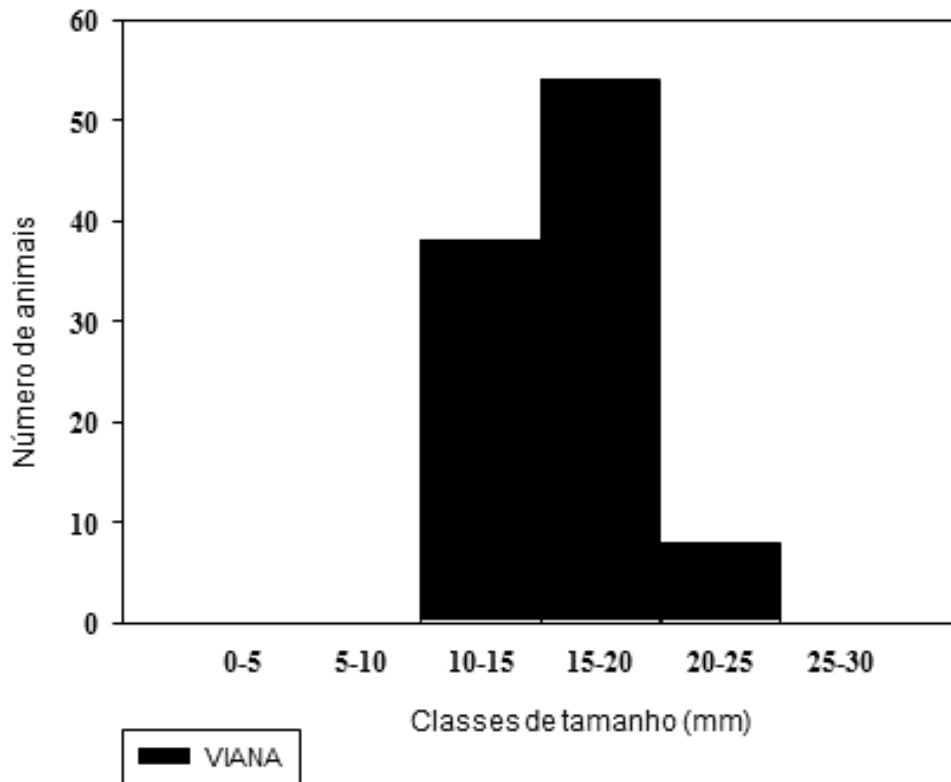


Figura 12 - Distribuição das classes de tamanhos da *Littorina littorea* em Viana do Castelo (2014)

Tabela 3 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para a diferença de tamanhos entre as duas populações

Tamanho	Frequência		%	
	Viana	Aveiro	Viana	Aveiro
0-5	0	0	0	0
5-10	0	0	0	0
10-15	19	3	38	5,66037736
15-20	27	35	54	66,0377358
20-25	4	14	8	26,4150943
25-30	0	1	0	1,88679245
	50	53	100	100
% acumulada		maior diferença		
Viana	Aveiro		Dmax 32.3	
0	0	0	n+s	103
0	0	0	n*s	2650
38	5,66037736	32,33962264		
92	71,6981132	20,30188679	D 0.05	0,26812332
100	98,1132075	1,886792453	D 0.001	0,38444152
100	100		Ka 0.05	1,36
			Ka 0.001	1,95



Tabela 4 - Tamanho dos indivíduos e número de poliquetas na concha (Viana do Castelo, 2014)

Tamanho	Nº poliq.	Tamanho	Nº poliq.
1,6	4	1,9	44
2	0	1,5	0
1,8	0	1,4	3
1,8	0	1,5	0
2,1	0	1,7	0
1,8	0	2,3	8
1,8	13	1,7	1
2,4	3	1,7	7
2	2	1,3	4
2,1	0	1,7	0
1,5	0	1,5	41
2	43	1,6	0
1,5	2	1,9	0
1,6	19	1,2	2
1,4	17	1,4	0
1,3	0	1,4	0
1,6	8	1,6	1
1,5	1	1,7	0
1,5	0	1,9	7
1,6	5	1,8	22
1,7	1	1,6	0
1,6	0	1,8	0
1,1	0	1,1	5
1,4	1	1,7	0
1,5	0	1,2	0

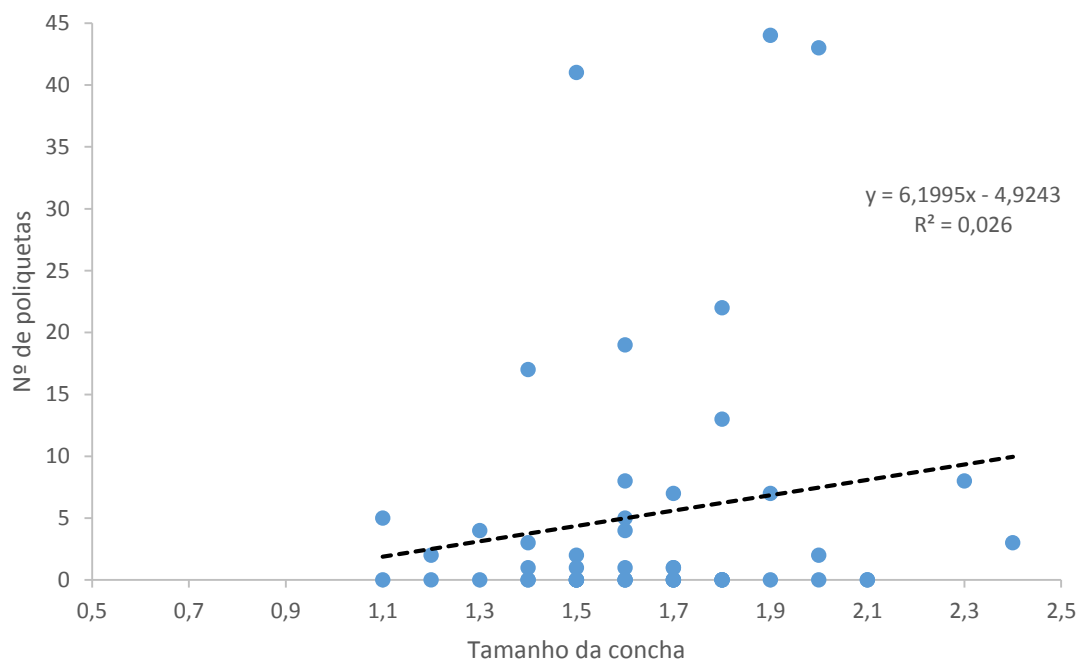


Figura 13 - Gráfico de dispersão e reta de correlação linear entre o tamanho da concha e o número de poliquetas

Atualmente, no que toca à abundância das populações em estudo, a imagem 7 mostra que apenas a de Viana do Castelo pode ser considerada uma população saudável, uma vez que a população estudada na Ria de Aveiro apenas apresentou quatro indivíduos, todos eles dispersos. A análise de variância, expressa na tabela 2, com um resultado claramente inferior a 0,05, prova que existem diferenças significativas entre as abundâncias destas duas populações.

Os resultados das medições dos indivíduos mostram claramente uma tendência para estes se agruparem na classe dos 15 aos 25 mm, como se vê nas figuras 8 e 9, tanto em Viana do Castelo quanto na Ria de Aveiro. No entanto, em Aveiro encontram-se indivíduos maiores, visto que o gráfico da figura 8 tem tendência a concentrar-se mais à direita, tendo mesmo um indivíduo pertencente à classe dos 25 aos 30 mm. O teste de Kolmogorov-Smirnov, na tabela 3, comprova esta tendência, mostrando que há diferenças significativas entre as duas populações.

No que toca à presença de epibiontes na concha, neste caso poliquetas, pretendia-se fazer uma comparação para saber qual o ambiente mais afetado. Recorrendo-se aos dados obtidos em 2014, uma vez que os de 2015 são escassos no caso de Aveiro, verificou-se que a população da Ria de Aveiro não apresenta nenhum indivíduo com epibiontes na concha, ao contrário da de Viana, onde um grande número apresenta epibiontes, conforme se vê na tabela 4. Assim, pretendeu-se saber se o número de epibiontes na concha está relacionado com o tamanho da mesma. Após esta análise, o coeficiente de correlação foi de 0,128674. Observando o gráfico de dispersão e a reta de correlação linear da figura 10, e juntando a estes dados um coeficiente de correlação de 0,128674 (muito próximo de 0), conclui-se que não há correlação entre o tamanho da concha e o número de poliquetas que nela se encontram.

## 4 Discussão e conclusões

O primeiro objetivo deste trabalho era estabelecer uma distribuição mais exata e atual do gastrópode boreal *Littorina littorea* na costa portuguesa, e o segundo era comparar uma população de estuário com uma de costa rochosa e verificar se os resultados coincidem com o observado noutros países. No decorrer da recolha e da análise dos dados surgiram diversos aspetos que não foram ainda documentados por nenhum autor.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que a distribuição da *Littorina littorea* está claramente em mudança. Enquanto nos anos 40 do século XX a espécie parecia encontrar-se em todo o país, segundo os dados de Augusto Nobre (1940), confirmados mais tarde por Fretter & Graham (1980), estudos mais recentes mostraram que a espécie está ausente da maioria do país, sendo as exceções a Ria de Aveiro, o estuário do Mondego e a lagoa de Óbidos, mas nenhum destes estudos menciona a espécie como sendo muito abundante, sendo referida apenas como encontrada nas amostragens e sem nenhum detalhe sobre as suas características ou ecologia. Uma vez que os artigos mais recentes feitos no Algarve, nomeadamente na ria Formosa, no Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina, e nos estuários do Guadiana, Tejo e Sado, entre outros, não detetaram a sua presença, pode-se concluir que atualmente o limite sul de distribuição do gastrópode *Littorina littorea* em Portugal, e consequentemente na Europa, é a lagoa de Óbidos. Foi este o ponto de partida para a realização das amostragens efetuadas neste trabalho, que não só confirmaram esta conclusão, como também confirmaram a existência de mais uma população, referida por Rubal *et al.* (2013), em ambiente rochoso, na praia de Viana do Castelo. Estes resultados, quando comparados com a literatura consultada, demonstram que esta espécie está-se a tornar mais rara no nosso país e as populações existentes tendem a encontrar-se mais na região norte. Até ao ano passado, os dados recolhidos sugeriam que as populações mais abundantes eram as de Viana do Castelo e da Ria de Aveiro; no entanto, após a recolha de dados mais recentes em 2015, verificou-se que a população da mesma zona da Ria de Aveiro, em pouco menos de um ano, passou de uma abundância de 53 indivíduos para apenas 4, sendo que estes se encontram muito dispersos na região da Barra de Aveiro, e portanto é altamente improvável que se consigam reproduzir, pondo em causa a continuidade desta população. Os dados obtidos numa zona da Ria não devem ser extrapolados para a totalidade deste ambiente estuarino, portanto não se pode afirmar

que a população da Ria de Aveiro não é uma população viável, mas esta quebra abrupta desta população em particular merece mais atenção para se poder compreender que razões poderão ter levado a tal. Não existe ainda uma explicação segura para este fenómeno, mas apontam-se aqui duas possíveis justificações: as pressões antrópicas e as alterações climáticas. Quanto às pressões antrópicas, a contaminação das águas por nutrientes já mostrou ser um importante fator que condiciona a existência de populações de *Littorina littorea*. Marques *et al.* (1993), no seu trabalho sobre as comunidades bentónicas intertidais no estuário do Mondego, mencionam que a espécie foi abundante neste local. Posteriormente, após o impacto humano na macrofauna do estuário do Mondego, a *Littorina littorea* já não é sequer referenciada, pelo que se supõe que esta espécie foi afetada pela eutrofização das águas ao ponto de desaparecer (Marques *et al.*, 1993). Mais tarde, foi documentado que as condições ambientais no estuário do Mondego melhoraram, e a espécie voltou a estar presente neste estuário (Patrício, 2006), até hoje. Outro fator de pressão antrópica é a apanha deste gastrópode para consumo pelas populações locais, nomeadamente na Ria de Aveiro, conforme referem Barroso, *et al.* (2007). Esta é uma das razões pelas quais é necessário cuidado a interpretar as diferenças nas abundâncias entre 2014 e 2015 encontradas neste trabalho, pois pode-se ter dado o caso de a última amostragem ter sido feita logo após uma fase de apanha naquela região da Ria. No entanto, estas causas são apenas locais, e visto que não existem os níveis de eutrofização mencionados nem apanha por parte da população em todos os estuários onde já existiu *L. littorea*, portanto pretende-se apurar uma explicação global. A explicação mais plausível será a das alterações climáticas, onde a temperatura poderá ter um papel importante, visto que *L. littorea* é uma espécie de águas frias que tem em Portugal o seu limite sul de distribuição – um aquecimento das águas no limite de distribuição pode levar rapidamente ao seu desaparecimento. Helmuth *et al.* (2006) referem que os organismos intertidais, por viverem na interface entre mar e terra, e devido aos ciclos de marés, estão muito sujeitos às alterações da temperatura da água e do ar, chegando a viver no limite da sua tolerância fisiológica, e Rubal *et al.* (2013) mencionam que as alterações na abundância e na distribuição das espécies estão frequentemente ligadas a alterações na temperatura do ar e da água. De facto, diversos trabalhos comprovam que as temperaturas das águas estão a aquecer em Portugal e que isto tem impacte nas diferentes espécies, especialmente em zonas de transição como a costa portuguesa – espécies subtropicais estão a estender a sua distribuição mais para norte (Lima *et al.*, 2006; Rubal *et al.*, 2013; Rubal *et al.*, 2014), e as espécies boreais, como *Littorina littorea*, estão a retroceder (Rubal *et al.*, 2013). No entanto, experiências em laboratório comprovaram que a *Littorina littorea* resiste a

temperaturas mais elevadas do que as que são registadas hoje em Portugal, e até mais elevadas do que o que seria razoável encontrar na natureza. As seguintes tabelas, retiradas de documentos utilizados para a revisão bibliográfica deste trabalho, comprovam esta tolerância da espécie:

Tabela 5 – (a) Temperaturas que induzem o coma e temperaturas letais (Sandison, 1967); (b) Temperatura letal para as espécies estudadas (Evans, 1948); (c) Comparação das temperaturas que induzem o coma e das temperaturas letais, em água (Sandison, 1967)

Species	Air		Water	
	Coma	Death	Coma	Death
<i>L. neritoides</i>	ca 40	42–43	35	42
<i>L. saxatilis</i>	34	40	32	40
<i>L. littoralis</i>	32	38	30	37
<i>L. littorea</i>	32	42	31	40
<i>T. lapillus</i>	30	36	28	33

a

Species	Rate of heating 1°/5 min.		
	Temp. (° C.) at which spontaneous movement ceases	Temp. (° C.) at which irritability is lost (heat coma)	Temp. (° C.) of thermal death (mean values)
<i>Littorina neritoides</i>	34	38	46.3
<i>L. littorea</i>	32	39	46.0
<i>Osilinus lineatus</i>	37	38–39	45.8
<i>Littorina rudis</i>	35	37	45.0
<i>L. littoralis</i>	33–34	36	44.3
<i>Patella depressa</i>	31–32	37–38	43.3
<i>P. vulgata</i>	31–32	37	42.8
<i>Gibbula umbilicalis</i>	33	33–34	42.1
<i>Patella athletica</i>	30–32	37	41.7
<i>Nucella lapillus</i>	?	37	40.0
<i>Gibbula cineraria</i>	30–31	34–35	36.2

b

Species	Heat coma	Death	Locality
<i>L. neritoides</i>	35	42	Port Seton
	38	46.3	Cardigan Bay
<i>L. saxatilis</i>	32	40	Port Seton
	37	45	Cardigan Bay
<i>L. littoralis</i>	30	37	Port Seton
	36	44.3	Cardigan Bay
<i>L. littorea</i>	31	40	Port Seton
	39	46	Cardigan Bay
<i>T. lapillus</i>	28	33	Port Seton
	37	40	Cardigan Bay

c

Tabela 6 – Tempo de sobrevivência das espécies quando expostas a temperaturas superiores ao normal (Evans, 1948)

Species	Temp. (° C.)	Survival time (hr.)
<i>Littorina neritoides</i>	40	14-15
<i>L. littorea</i>	40	11.5-12
<i>Osilinus lineatus</i>	40	6-6.25
<i>Littorina rudis</i>	40	9.5-10
<i>L. littoralis</i>	40	4.25-4.5
<i>Patella depressa</i>	40	3.5-3.75
<i>P. vulgata</i>	40	2.75-3
	35	10
<i>Gibbula umbilicalis</i>	40	0.75-1
	35	10
<i>Patella athletica</i>	40	0.75-1
	35	8.5-9
<i>Nucella lapillus</i>	40	0-0.25
	35	2.5-3
	30	8
<i>Gibbula cineraria</i>	40	0
	35	1.25-1.5
	31	5-5.25

Para interpretar estes resultados, devemos primeiramente distinguir os conceitos de coma de calor (*heat coma*) e morte – segundo Sandison (1967), considera-se que o animal entra em coma quando exposto à temperatura mais baixa sem responder a estímulos, mas recuperando a atividade assim que se baixa um pouco mais a temperatura, e a temperatura letal é aquela a que, após ter sido submetido durante 90-110 minutos e posteriormente colocado em água a 18°C por 24h, o animal não responde a qualquer estímulo. Segundo os dados de Evans (1948) na tabela 5b, podemos ver que é ainda considerado um intervalo de temperatura durante o qual o animal ainda não se encontra em coma, mas as suas respostas a estímulos externos começam baixar – no caso da *Littorina littorea* isto ocorre aos 32°C. Existe um consenso entre os autores em que o estado de coma é atingido perto dos 39°C e a morte apenas ocorre depois dos 40°C, e pode-se ainda acrescentar, pela análise da tabela 5a, que a espécie é ligeiramente mais tolerante ao calor do ar do que ao calor da água. A tabela 6 mostra a temperatura e o tempo a que as espécies têm de estar expostas para morrerem – no caso da *Littorina littorea* é necessário estar exposta a uma temperatura de 40°C durante 11,5h-12h para que ocorra a morte. Esta é uma situação que não ocorre na costa portuguesa, e dificilmente ocorre em algum ponto do globo, pois o ciclo de marés não permite que um animal esteja exposto a temperaturas tão altas durante tanto tempo. Assim sendo, conclui-se que a temperatura enquanto fator isolado não afeta diretamente a espécie, mas pode ter influência indireta noutros fatores determinantes para a sobrevivência da espécie. Se os movimentos começam a abrandar a partir dos 32°C e o coma atinge-se perto dos 39°C, isto pode ser um fator

inibidor para a espécie e colocá-la em desvantagem competitiva com outras espécies da comunidade que tenham um intervalo de resistência maior. As elevadas temperaturas podem afetar a interação entre espécies (isto é, competência e predação) nos indivíduos adultos (Poloczanska *et al.*, 2008), mais pode ter um efeito letal nos estádios de desenvolvimento mais sensíveis, como os juvenis e as larvas (Jackson & Strathmann, 1981; Przeslawski, 2004), e a longo prazo pode vir a contribuir para a diminuição da população. Infelizmente, não existem hoje em dia dados sobre a tolerância dos estádios larvais e juvenis de *L. littorea* à temperatura.

Mas a temperatura não é a única causa climática que pode afetar as populações de *Littorina littorea*. A força das ondas e a exposição à ondulação são um fator muito importante, e que tem sido alvo de menor atenção do que as questões do aumento da temperatura. Wolf & Woolf (2006) concluíram que a altura das ondas no Atlântico norte tem vindo a aumentar ao longo do último quarto de século, e que esta tendência se vai manter. Os mesmos autores apresentam duas explicações para este fenómeno: um aumento na velocidade média do vento, e um aumento na frequência e intensidade dos temporais que atingem a costa (Woolf *et al.*, 2002). No que toca à exposição à ondulação, Andrade *et al.* (2007) projetaram que até ao final do século ocorra em Portugal uma mudança rotacional na direção das ondas, atingindo a costa mais diretamente e tendo um forte impacto nos sedimentos costeiros. O gastrópode *Littorina littorea* não tem muita força para se agarrar ao substrato, encontrando-se geralmente presa no lado das rochas menos exposto à ondulação (Davies & Case, 1997), e que a tenacidade, por si só, é insuficiente para manter o animal preso ao substrato durante períodos de forte ondulação. Este é um motivo muito plausível para as diferenças na distribuição da espécie ao longo de Portugal encontradas entre os dados de Augusto Nobre (1940) e os dados mais recentes, incluindo os deste trabalho – se a altura das ondas, os temporais e a exposição à ondulação têm vindo a aumentar, e esta tendência é para se manter, e a espécie tem dificuldade em se agarrar ao substrato nestas circunstâncias, é natural que esteja a ficar confinada a estuários ou a praias mais abrigadas, como é o caso de Viana de Castelo. Pode ainda explicar que a espécie surja muitas vezes associada a pradarias de erva marinha *Zostera noolti* (Linnaeus, 1753), pois esta espécie reduz o hidrodinamismo das ondas, diminuindo a altura da planta e formando uma “cama” mais espessa junto ao substrato, e portanto representando um habitat mais seguro para animais sensíveis à exposição das ondas (Ganthy *et al.*, 2015).

Estas são apenas algumas explicações para o novo padrão de distribuição da espécie na costa portuguesa, e será necessário outros trabalhos futuros para o comprovar e concluir a sua causa.

Quanto ao segundo objetivo deste trabalho, foram comparadas as populações de uma costa rochosa (Viana do Castelo) e uma costa estuarina (Ria de Aveiro) no que toca à abundância de animais, ao tamanho das conchas e ao número de epibiontes nas conchas.

No que toca à abundância de animais, esta foi menor no ambiente estuarino do que na praia rochosa, havendo uma queda acentuada entre 2014 e 2015, com este último a registar apenas 4 indivíduos isolados. Este é um padrão inverso ao encontrado na bibliografia, onde os estuários geralmente reúnem melhores condições e portanto tendem a apresentar populações mais numerosas. Tendo em conta que a Ria de Aveiro foi o ambiente estuarino mais próximo que registou presença da espécie, apenas foi possível usar este local para estabelecer esta comparação, mas estes resultados devem ser cuidadosamente interpretados, pois a baixa densidade registada no ano de 2015 pode dever-se apenas à possibilidade de a amostragem ter sido feita após um período de intensa apanha, e não corresponder a um número real.

Quanto ao tamanho da concha, novamente surge um padrão inverso ao encontrado na bibliografia – as conchas são maiores no estuário e não na praia rochosa, onde geralmente as conchas são maiores não só devido a servirem de proteção contra a ondulação, mas também porque em condições mais adversas o animal dentro da concha cresce mais lentamente e possibilita uma concha maior.

Finalmente, no que toca ao número de epibiontes na concha, estes apenas foram detetados nos animais recolhidos da praia de Viana do Castelo – novamente um padrão inverso ao encontrado na bibliografia, que menciona que estes epibiontes surgem mais frequentemente nos animais de estuário (Eschweiler, 2009). O estudo do número de epibiontes na concha dos gastrópodes é importante pois estes criam dificuldade de locomoção e maior probabilidade de infeção por *Polydora ciliata*. Buschbaum & Reise (1999) referem que os epibiontes na concha de *Littorina littorea* aumentam muito o volume e o peso do animal, diminuem significativamente a sua velocidade de locomoção e a produção de ovos e aumentam a taxa de mortalidade, tendo um impacte significativo nas populações, conforme se pode ver nas figuras 15-18. De facto, o trabalho realizado por estes autores concluiu que, quando a *Littorina littorea* é virada de costas, coloca o pé fora da concha até ao chão e utiliza este impulso para voltar à posição inicial. Nos casos em que há epibiontes nas conchas, a distância entre a abertura da concha e o solo é maior e o pé não chegam ao chão, pelo que o animal não consegue pôr-se de pé, pondo em causa a sua sobrevivência.





Figura 14 - *Littorina littorea* com epibiontes na concha

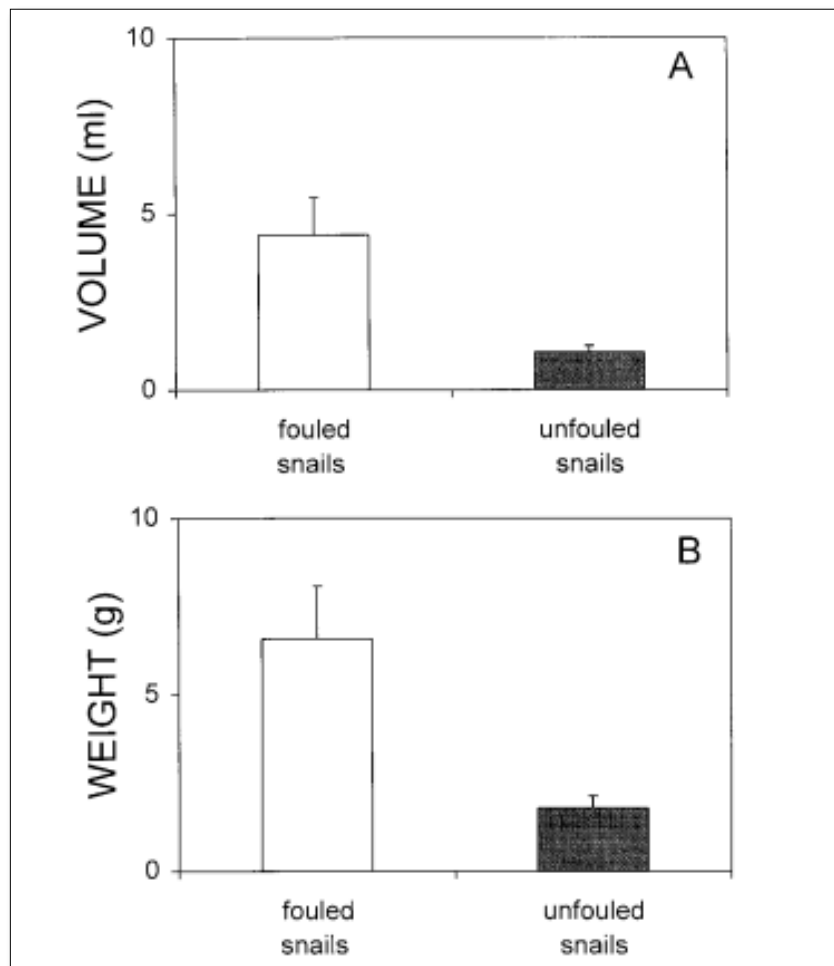


Figura 15 - Volume (a) e peso (b) da *Littorina littorea* com e sem epibiontes na concha (Buschbaum & Reise, 1999)

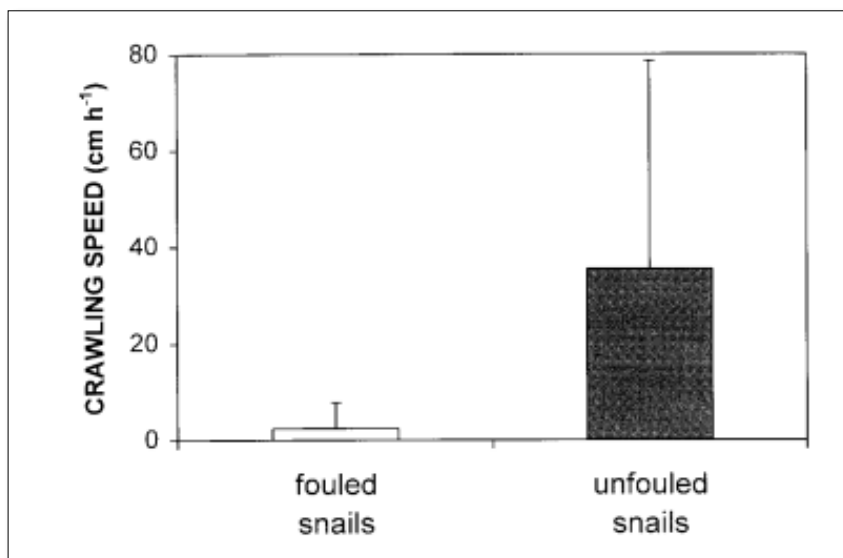


Figura 16 - Velocidade de locomoção da *Littorina littorea* com e sem epibiontes na concha (Buschbaum & Reise, 1999)

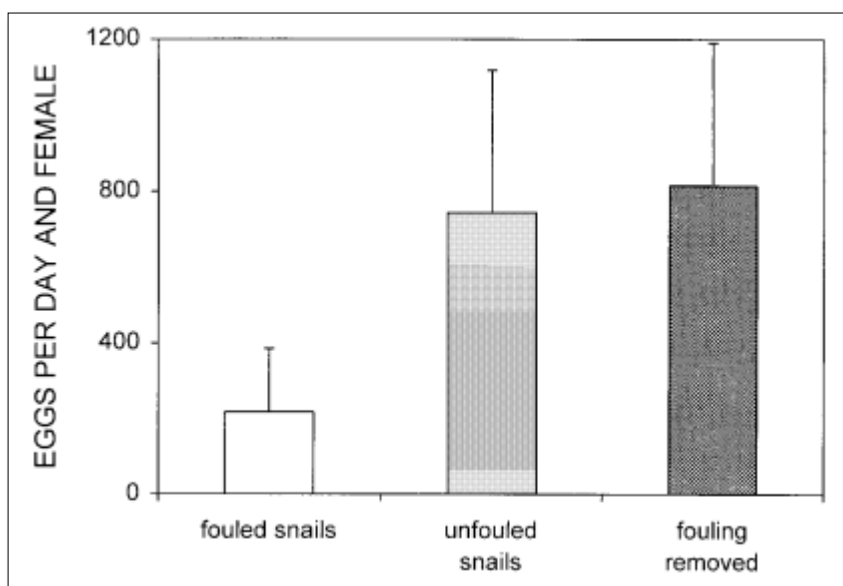


Figura 17 – Ovos libertados por dia e por fêmea de *Littorina littorea* com epibiontes na concha, sem epibiontes na concha e após os epibiontes serem removidos (Buschbaum & Reise, 1999)

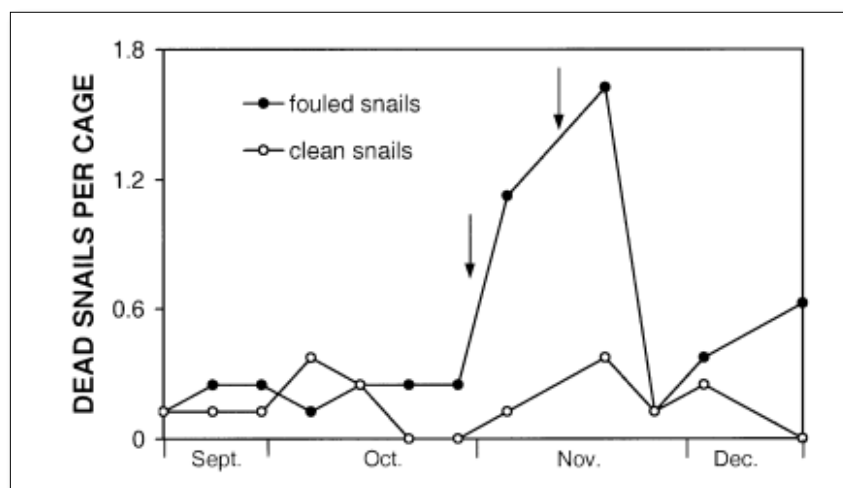


Figura 18 – Número de caracóis mortos com e sem epibiontes na concha (Buschbaum & Reise, 1999)

Os padrões encontrados neste estudo são inversos aos encontrados em outros locais do globo, relatados na bibliografia, o que até certo ponto pode ser normal, visto que os restantes estudos se focam em regiões centrais da distribuição da *Littorina littorea*, ao contrário deste, localizado no limite sul de distribuição, que está sujeito a maiores *stress* ambiental, podendo resultar num padrão distinto, pois nem sempre os resultados obtidos nas zonas centrais de distribuição são extrapoláveis para os seus limites. Por outro lado, as amostragens para este estudo foram realizadas apenas durante um ano, logo é necessário primeiro continuar a monitorização e verificar se estes dados são constantes no tempo, antes de se avançar para novas experiências com vista a encontrar uma explicação para estes padrões.

Concluindo, os estudos futuros devem focar-se essencialmente em explicar porque é que em Portugal os indivíduos de estuário tendem a ser maiores que os de praia rochosa, qual o motivo que levou a uma quebra tão acentuada do número de indivíduos da população da Ria de Aveiro, porque é que os indivíduos de estuário não apresentam epibiontes nas suas conchas, e também em compreender o papel ecológico da *Littorina littorea* nas comunidades das quais faz parte. Estes aspetos, para serem devidamente estudados e explicados, necessitam de uma investigação mais profunda. Desta forma, serão deixados sempre em aberto para outros trabalhos.

## 5 Referências bibliográficas

*Nota: Estão incluídas não só as referências citadas no texto, como também outras publicações usadas para verificar a presença da espécie, que podem não estar citadas no texto.*

1. ALMEIDA, C., *et al.* (2008); Use of different intertidal habitats by faunal communities in a temperate coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 80: 357-364
2. ANDRADE, C., *et al.* (2007); Projecting future changes in wave climate and coastal response in Portugal by the end of the 21st century. *Journal of Coastal Research*, SI 50: 263-257
3. AZEITEIRO, U. M. M., MARQUES, J. C. (1999); Temporal and spatial structure in the suprabenthic community of a shallow estuary (western Portugal: Mondego river estuary). *Acta Oecologica* 20 (4): 333-342
4. BARROSO, C.M., *et al.* (2007); Growth, reproductive cycle and penis shedding of *Littorina littorea* in the Ria de Aveiro (north-west Portugal). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 87: 547–550
5. BOAVENTURA, D., *et al.* (1999); Trophic structure of macrobenthic communities on the Portuguese coast, a review of lagoonal, estuarine and rocky littoral habitats. *Acta Oecologica* 20, 407-415
6. BUSCHBAUM, C. (2000); Direct and indirect effects of *Littorina littorea* (L.) on barnacles growing on mussel beds in the Wadden Sea. *Hydrobiologia* 440: 119-128
7. BUSCHBAUM, C., REISE, K. (1999); Effects of barnacle epibionts on the periwinkle *Littorina littorea* (L.). *Helgol Mar Res*, 53: 56-61
8. CAEIRO, S., *et al.* (2005); Benthic biotope index for classifying habitats in the Sado estuary: Portugal. *Marine Environmental Research* 60: 570-593
9. CALVÁRIO, J. (2001); Characterization of the Tagus estuary macrobenthic communities. *Bol. Mus. Mun. Funchl* 6: 313-330
10. CANCELA DA FONSECA, L., *et al.* (1989); Seasonal variation of benthic and fish communities in a shallow land-locked coastal lagoon (St. André, SW Portugal). *Sci. Mar.* 53 (2-3): 663-669
11. CARDOSO, I. *et al.* (2012); Ecological quality assessment of small estuaries from the Portuguese coast based on benthic macroinvertebrate assemblages indices. *Marine Pollution Bulletin* 64: 1136-1142

- 12.** CARDOSO, I., *et al.* (2010); Benthic macroinvertebrates' vertical distribution in the Tagus estuary (Portugal): the influence of the tidal cycle. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 86: 580-586
- 13.** CARVALHO, S., *et al.* (2001); Macrobenthic community characterization of an estuary from the western coast of Portugal (Sado estuary) prior to dredging operations. *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 17: 179-190
- 14.** CARVALHO, S., *et al.* (2011); Factors structuring temporal and spatial dynamics of macrobenthic communities in a eutrophic coastal lagoon (Óbidos lagoon, Portugal). *Marine Environmental Research* 71: 97-110
- 15.** CARVALHO, S., *et al.* (2005); Spatial and inter-annual variability of the macrobenthic communities within a coastal lagoon (Óbidos lagoon) and its relationship with environmental parameters. *Acta Oecol.* 27: 143-159
- 16.** CHAINHO, P., *et al.* (2007); Influence of seasonal variability in benthic invertebrate community structure on the use of biotic indices to access the ecological status of a Portuguese estuary. *Marine Pollution Bulletin* 54: 1586-1597
- 17.** CHAINHO, P., *et al.* (2010); Long-term trends in intertidal and subtidal benthic communities in response to water quality improvement measures. *Estuaries and Coasts* 33: 1314-1326
- 18.** CHAINHO, P., *et al.* (2006); Seasonal and spatial patterns of distribution of subtidal benthic invertebrate communities in the Mondego River, Portugal - a poikilohaline estuary. *Hydrobiologia* 555: 59-74
- 19.** CHAINHO, P., *et al.* (2007); Taxonomic sufficiency as a useful tool for typology in a poikilohaline estuary. *Hydrobiologia* 587: 63-78
- 20.** Chaves, M.L. (2008); Spatio-temporal dynamics of undisturbed macroinvertebrate communities in the Mondego River basin - Contribution to the ecological assessment of streams. PhD Thesis, Universidade de Lisboa, Portugal.
- 21.** CHENERY, A. M. & MUDGE, M. M. (2005); Detecting anthropogenic stress in an ecosystem: 3. mesoscale variability and biotic indices. *Environmental Forensics* 6: 371-384
- 22.** CONDE, A., *et al.* (2013); Characterization of an estuarine environment by means of an index on intertidal macrofauna. *Marine Pollution Bulletin* 71: 129-138

- 23.** CONDE, A., *et al.* (2013); Converse effect of flooding on intertidal macrobenthic assemblages in the Guadiana estuary. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 93 (6): 1431-1440
- 24.** CONDE, A., *et al.* (2013); Multivariate analysis applied to agglomerated macrobenthic data from an unpolluted estuary. *Marine Environmental Research* 87-88: 112-121
- 25.** CONDE, A., *et al.* (2013); Distribution of intertidal macrobenthic assemblages in relation to environmental factors in the Tagus estuary, western Portugal; *Scientia Marina*, 77 (1), 179-188
- 26.** CONDE, A., *et al.* (2013); Intertidal macrofauna and environmental stress at a riverine-marine boundary. *Marine Environmental Research* 92: 1-9
- 27.** CORREIA, M. J., *et al.* (2012); Inter-annual variations of macrobenthic communities over three decades in a land-locked coastal lagoon (Santo André, SW Portugal) *Estuar. Coast. Shelf Sci* 110: 168-175
- 28.** COSTA, A. M., *et al.* (2003); Annual cycle of the benthic community of a coastal lagoon: Lagoa de Melides (Grândola, SW Portugal). *Rev. Biol.* 21 (1): 71-89
- 29.** COSTA-DIAS, S., *et al.* (2010); Factors influencing epibenthic assemblages in the Minho estuary (NW Iberian Peninsula). *Marine Pollution Bulletin* 61: 240-246
- 30.** DAGUZAN, J. (1976); Contribution a l'écologie des littorinidae (Mollusques gastéropodes prosobranches). II- *Littorina littorea* (L.) et *Littorina littoralis* (L.). *Cahiers Pe Biologie Marine*, XVII, 275-293
- 31.** DAVIES, M.S.; CASE, C.M. (1997); Tenacity of attachment in two species of littorinid, *Littorina littorea* (L.) and *Littorina obtusata* (L.). *J. Moll. Stud.*, 63, 235-244
- 32.** DE WOLF, H., *et al.* (2001); Shell size variations in *Littorina littorea* in the western Scheldt estuary. *Journal of Shellfish Research* 20 (1): 427-430
- 33.** DOLBETH, M., *et al.* (2007); Anthropogenic and natural disturbance effects on a macrobenthic estuarine community over a 10-year period. *Marine Pollution Bulletin* 54: 576-585
- 34.** DOLBETH, M., *et al.* (2013); Drivers of estuarine benthic species distribution patterns following a restoration of a seagrass bed: A functional trait analyses. *Marine Pollution Bulletin* 72: 47-54

- 35.** DOLBETH, M., *et al.* (2003); Short- and long-term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. *Mar. Biol.* 143: 1229-1238
- 36.** DOLBETH, M., *et al.* (2011); Long-term changes in the production by estuarine macrobenthos affected by multiple stressors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92: 10-18
- 37.** ESCHWEILER, N., *et al.* (2009); Habitat-specific size structure variations in periwinkle populations (*Littorina littorea*) caused by biotic factors. *Helgol Mar Res* 63: 119-127
- 38.** EVANS, R. G. (1948); The lethal temperatures of some common British Littoral Molluscs. *Journal of Animal Ecology*, vol. 17 (2): 165-173
- 39.** FÉLIX, P. M., *et al.* (2013); Short-term versus long-term changes in the benthic communities of a small coastal lagoon: implications for ecological status assessment. *Vie et Milieu - Life and Environment* 63 (1): 11-22
- 40.** FERREIRA SOARES, A., *et al.* (2007); The Farol Deposit (Depósito do Farol) - a Pleistocene beach deposit from Cape Mondego (Figueira da Foz, West Central Portugal). *Ciências da Terra (UNL)* 16: 163-173
- 41.** FISH, J. D. (1972); The breeding cycle and growth of open coast and estuarine populations of *Littorina littorea*. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 52: 1011-1019
- 42.** FRANÇA, S., *et al.* (2009); Spatial and temporal patterns of benthic invertebrates in the Tagus estuary, Portugal: comparison between subtidal and an intertidal mud-flat. *Sci. Mar.* 73: 307-318
- 43.** FRETTER, V.; GRAHAM, A. (1980); The prosobranch molluscs of Britain and Denmark; Part 5 marine Littorinacea. *J. Moll. Stud. Suppl.*, 7: 241-284
- 44.** GAMITO, S. & FURTADO, R. (2009); Feeding diversity in macroinvertebrate communities: A contribution to estimate the ecological status in shallow waters. *Ecological Indicators* 9: 1009-1019
- 45.** GAMITO, S. (2006); Benthic ecology of semi-natural coastal lagoons, in the Ria Formosa (Southern Portugal), exposed to different water renewal regimes. *Hydrobiologia* 555: 75-87
- 46.** GAMITO, S. J. (1989); The benthic macrofauna of some water reservoirs of salt-pans from Ria Formosa (Portugal). *Topics in marine biology*. Ros, J.D. (Ed.). *Scient. Mar.* 53 (2-3): 639-644

47. GAMITO, S., *et al.* (2012); The importance of habitat-type for defining the reference conditions and the ecological quality status based on benthic invertebrates: The Ria Formosa coastal lagoon (Southern Portugal) case study. *Ecol Indic* 19: 61-72
48. GANTHY, F., *et al.* (2015); Effects of short flexible seagrass *Zostera noltei* on flow, erosion and deposition processes determined using flume experiments. *Sedimentology*, 62: 997-1023
49. GARDNER, J.P.A; THOMAS, M.L.H. (1987); Growth and production of a *Littorina littorea* (L.) population in the Bay of Fundy. *Ophelia*, 27:3, 181-195
50. GAUDÊNCIO, M. J., CABRAL, H. N. (2007); Trophic structure of macrobenthos in the Tagus estuary and adjacent coastal shelf. *Hydrobiologia* 587: 241-251
51. GENDRON, R.P (1977); Habitat selection and migratory behaviour of the intertidal gastropod *Littorina littorea* (L.). *J. Anim. Ecol.*, 46, 79-92
52. GRAHAME, J. (1975); Spawning in *Littorina littorea* (L.) (Gastropoda: Prosobranchjata). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 18: 185-196
53. GRILO, T. F., *et al.* (2011); Effects of extreme climate events on the macrobenthic communities' structure and functioning of a temperate estuary. *Marine Pollution Bulletin* 62: 303–311
54. HELMUTH, B., *et al.* (2006); Living on the edge of two changing worlds: forecasting the responses of rocky intertidal ecosystems to climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37: 373-404
55. HYLLEBERG, J., CHRISTENSEN, J. T. (1987); Factors affecting the intra-specific competition and size distribution of the periwinkle *Littorina littorea* (L.). *Natura Jütl.*, 20: 193-202
56. IMRIE, D. W., *et al.* (1990); Feeding behaviour in *Littorina littorea*: a study of the effects of ingestive conditioning and previous dietary history on food preference and rates of consumption. *Hydrobiologia* 193: 191-198
57. JANSON, K. (1987); Allozyme and shell variation in two marine snails (*Littorina*, Prosobranchia) with different dispersal abilities. *Biol. J. Linn. Soc.*, 30: 245-256
58. JOHANNESSON, K. (1988); The paradox of Rockall: why is a brooding gastropod (*Littorina saxatilis*) more widespread than the one having a planktonic larval dispersal stage (*L. littorea*)? *Marine Biology*, 99, 507-513



- 59.** LAUCKNER, G. (1984); Impact of trematode parasitism on the fauna of a North Sea tidal flat. *Helgoländer Meeresunters*, 37: 185-199
- 60.** LIMA, F. P., *et al.* (2006); Recent changes in the distribution of a marine gastropod, *Patella rustica* Linnaeus, 1758, and their relationship to unusual climatic events. *Journal of Biogeography* (J. Biogeogr.) 33: 812-822
- 61.** LINKE, O. (1933); Morphologie und physiologie der genital-apparatus der Nordseelittorinen. *Wiss. Meeresuntersuch.* (Abt. Helgoland), 19 (5): 60
- 62.** LUBCHENCO, J. (1978); Plant species diversity in a marine intertidal community: importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *The American Naturalist* 112 (983): 23-39
- 63.** MAIA-MENDES, M. (2007); Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentónicos do estuário do rio Minho. Dissertação de Mestrado, Univ. do Porto
- 64.** MARQUES, J. C., *et al.* (1993); Human Impact Assessment on the subtidal macrobenthic community structure in the Mondego estuary (western Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 37: 403-419
- 65.** MARQUES, J.C., *et al.* (1993); Intertidal benthic communities' structure in the Mondego estuary (western Portugal): reference situation. *Vie et Milieu* 43, 177–187
- 66.** MARQUES, L., *et al.* (2013); Response of intertidal macrobenthic communities and primary producers to mitigation measures in a temperate estuary. *Ecological Indicators* 25: 10-22
- 67.** MARTINS, R., *et al.* (2013); Diversity and spatial distribution patterns of the soft-bottom macrofauna communities on the Portuguese continental shelf. *Journal of Sea Research* 83: 173-186
- 68.** MARTINS, R., *et al.* (2014); Diversity, distribution and ecology of benthic molluscan communities on the Portuguese continental shelf. *Journal of Sea Research* 93: 75-89
- 69.** MEDEIROS, J. P., *et al.* (2012); Benthic condition in low salinity areas of the Mira estuary (Portugal): lessons learnt from freshwater and marine assessment tools. *Ecol Indic* 19: 79-88
- 70.** MOORE, H.B. (1937) The Biology of *Littorina littorea*. Part I. Growth of the Shell and tissues, spawning, length of life and mortality. 721-741
- 71.** MOORE, H.B. (1937) The biology of *Littorina littorea*. Part II. Zonation in relation to other gastropods on stony and muddy shores. 227-293

- 72.** MOREIRA, M. H., *et al.* (1993); Environmental gradients in a Southern Europe estuarine system: Ria de Aveiro, Portugal: implications for soft bottom macrofauna colonization. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 27: 465-482
- 73.** MUCHA, A. P., COSTA, M. H. (1999); Macrozoobenthic community structure in two Portuguese estuaries: Relationship with organic enrichment and nutrient gradients. *Acta. Oecol.* 20: 363-376
- 74.** MUCHA, A. P., *et al.* (2003); Macrobenthic community in the Douro estuary: relations with trace metals and natural sediments characteristics. *Environmental Pollution* 121: 169-189
- 75.** MUCHA, A. P., *et al.* (2004); Vertical distribution of the macrobenthic community and its relationships to trace metals and natural sediment characteristics in the lower Douro estuary, Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59: 663-673
- 76.** NOBRE, A. (1940); Moluscos marinhos e das águas salobras. Companhia editora do Minho, Barcelos, p. 267
- 77.** NUNES, M., *et al.* (2008); The macrobenthic community along a mercury contamination in a temperate estuarine system (Ria de Aveiro, Portugal). *Science of the Total Environment* 405: 186-194
- 78.** PATRÍCIO, J., *et al.* (2006); Ascendency as ecological indicator for environmental quality assessment at the ecosystem level: a case study. *Hydrobiologia* 555: 19-30
- 79.** PATRÍCIO, J., MARQUES, J. C. (2006); Mass balanced models of the food web in three areas along a gradient of eutrophication symptoms in the south arm of the Mondego estuary. *Ecological Modelling* 197: 21-34
- 80.** PELSENEER, P. (1926); La proportion relative des sexes chez les animaux et particulièrement chez les mollusques. *Mém. Acad. Roy. Sci. Belg. Cl. Sci.*, 1-258
- 81.** PEREZ, K. O., *et al.* (2009); Why are intertidal snails rare in the subtidal? Predation, growth and the vertical distribution of *Littorina littorea* (L.) in the Gulf of Maine. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 369: 79-86
- 82.** PETRAITIS, P. S. (1989); Effects of the periwinkle *Littorina littorea* (L.) and of intraspecific competition in growth and survivorship of the limpet *Notoacmea testudinalis* (Müller). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 125: 99-115
- 83.** PINTO, P. (1982); Resultados preliminares sobre a cartografia bentónica do estuário do rio Sado. (Setúbal, Portugal). *Oecologia aquatica* 6: 85-89.

- 84.** QUINTINO, V., *et al.* (1987); Macrozoobenthic community structure in the Lagoon of Albufeira, western coast of Portugal. *J. Exp. Mar. biol. Ecol.* 106: 229-241
- 85.** QUINTINO, V., *et al.* (1989). Assessment of macrozoobenthic communities in the lagoon of Óbidos, western coast of Portugal. *Scientia Marina* 53:645-654
- 86.** RODRIGUES, A. M., *et al.* (2006); Spatial patterns of benthic macroinvertebrates in intertidal areas of a southern European estuary: the Tagus, Portugal. *Hydrobiologia* 555: 99-113
- 87.** RODRIGUES, A. M., *et al.* (2007); Spatial heterogeneity recognition in estuarine intertidal benthic macrofaunal communities: influence of sieve mesh-size and sampling depth. *Hydrobiologia* 587: 37-50
- 88.** RODRIGUES, A. M., *et al.* (2011); Benthic biodiversity patterns in Ria de Aveiro, Western Portugal: Environmental biological relationships. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 95: 338-348
- 89.** RUBAL, M., *et al.* (2013); Increasing sea surface temperature and range shifts of intertidal gastropods along the Iberian Peninsula. *Journal of Sea Research* 77: 1-10
- 90.** RUBAL, M., *et al.* (2014); The gastropod *Phorcus sauciatus* (Koch, 1845) along the north-west Iberian Peninsula: filling historical gaps. *Helgol Mar Res* 68: 169-77
- 91.** RUBAL, M., *et al.* (2015); Population attributes and traits of *Siphonaria pectinata* (Mollusca: Siphonariidae) in range-edge and non range-edge populations at its Eastern Atlantic northern distribution boundary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 471: 41-47
- 92.** SALAS, F., *et al.* (2004); Evaluation of the applicability of a marine biotic index to characterize the status of estuarine ecosystems: the case of Mondego estuary (Portugal). *Ecological Indicators* 4: 215-255
- 93.** SALAS, F., *et al.* (2008); Applicability of the trophic index TRIX in two transitional ecosystems: the Mar Menor lagoon (Spain) and the Mondego estuary (Portugal). *ICES Journal of Marine Science* 65: 1442-1448
- 94.** SÁNCHEZ-MOYANO, J. E., *et al.* (2003); Influencia del gradiente ambiental sobre la distribución de las comunidades macrobentónicas del estuario del río Guadiana. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 19 (1-4): 123-133
- 95.** SANDISON, E. E. (1967); Respiratory response to temperature and temperature tolerance of some intertidal gastropods. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, vol.1: 271-281

- 96.** SCHEIBLING, R. E., *et al.* (2008); Grazing of the invasive alga *Codium fragile* spp. *tomentosoides* by the common periwinkle *Littorina littorea*: effects of talus size, age and condition. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 355: 103-113
- 97.** SILVA, A. C. F., *et al.* (2012); Estuarine biodiversity as an indicator of groundwater discharge. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 97: 38-43
- 98.** SILVA, G., *et al.* (2006); Structure and dynamics of a benthic invertebrate community in an intertidal area of the Tagus estuary, western Portugal: a six year data series. *Hydrobiologia* 555: 115-128
- 99.** SMITH, J.E.; NEWELL, G.E. (1955); The Dynamics of the Zonation of the Common Periwinkle (*Littorina littorea* (L.)) on a Stony Beach. *Journal of Animal Ecology*, Vol.24, No.1, 35-56
- 100.** SOUSA, R. *et al.* (2007); Subtidal macrobenthic structure in the lower Lima estuary, NW of Iberian Peninsula. *Ann. Zool. Fennici* 44:303-313
- 101.** SOUSA, R. *et al.* (2008); Subtidal macrozoobenthic assemblages along the River Minho estuarine gradient (NW of Iberian Peninsula). *Aquat. Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.* 18: 1063-1077
- 102.** SOUSA, R., *et al.* (2006); Spatial subtidal macrobenthic distribution in relation to abiotic conditions in the Lima estuary, NW of Portugal. *Hydrobiologia* 559: 135-148
- 103.** SOUSA, R., *et al.* (2007); Species composition and monthly variation of the Molluscan fauna in the freshwater subtidal area of the River Minho estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 75: 90-100
- 104.** TEIXEIRA, H., *et al.* (2008); A benthic perspective in assessing the ecological status of estuaries: the case of the Mondego estuary (Portugal). *Ecological indicators* 8: 404-416
- 105.** TEIXEIRA, H., *et al.* (2007); Applicability of ecological evaluation tools in estuarine ecosystems: the case of the lower Mondego estuary, Portugal. *Hydrobiologia*, 587: 101-112
- 106.** TEIXEIRA, H., *et al.* (2009); Quality assessment of benthic macroinvertebrates under the scope of WFD using BAT, the Benthic Assessment Tool. *Marine Pollution Bulletin* 58: 1477-1486
- 107.** TEIXEIRA, H., *et al.* (2008); Ecological indices tracking distinct impacts along disturbance-recovery gradients in a temperate NE Atlantic Estuary - Guidance on reference values. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 80: 130-140

- 108.** VAN TAMELEN, P., G. (1987); Early successional mechanisms in the rocky intertidal: the role of direct and indirect interactions. J. exp. Mar. Biol. Ecol., 112: 39-48
- 109.** WATSON, D. C.; NORTON, T. A. (1985); Dietary preferences of the common periwinkle *Littorina littorea* (L.). J. exp. Mar. Biol. Ecol., 88: 193-211
- 110.** WILLIAMS, E.E. (1964); The growth and distribution of *Littorina littorea* (L.) on a rocky shore in Wales. Journal of Animal Ecology, Vol.33, No.3, 413-432
- 111.** WOLF, J., WOOLF, D. K. (2006); Waves and climate change in the north-east Atlantic. Geophysical Research Letters, vol. 33, L06604

## 6 Anexo 1 – Tabela bibliográfica de estuários e lagoas portuguesas

Paper	Estuário	Ano da Amostragem	Lista de Espécies		L. littorea		Zona	
			Tem	Não tem	Tem	Não tem	Intertidal	Subtidal
ALMEIDA, C., <i>et al.</i> (2008); Use of different intertidal habitats by faunal communities in a temperate coastal lagoon. <i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i> 80: 357-364	Ria Formosa	2001-2002	X			X	X	
AZEITEIRO, U. & M. M., MARQUES, J. C. (1999); Temporal and spatial structure in the suprabenthic community of a shallow estuary (western Portugal: Mondego river estuary). <i>Acta Oecologica</i> 20 (4): 333-342	Mondego	1996-1997		X		X		X
BARROSO, C.M., <i>et al.</i> (2007); Growth, reproductive cycle and penis shedding of <i>Littorina littorea</i> in the Ria de Aveiro (north-west Portugal). <i>J. Mar. Biol. Ass. U.K.</i> 87: 547-550	Ria de Aveiro	1992-1993		X	X		X	
BOAVENTURA, D., <i>et al.</i> (1999); Trophic structure of macrobenthic communities on the Portuguese coast, a review of lagoonal, estuarine and rocky littoral habitats. <i>Acta Oecologica</i> 20, 407-415	Portinho da Arrábida, Lagoa de St. André, Mira	1984-1986		X		X		X
CAEIRO, S., <i>et al.</i> (2005); Benthic biotope index for classifying habitats in the Sado estuary: Portugal. <i>Marine Environmental Research</i> 60: 570-593	Sado	1986		X		X		X
CALVÁRIO, J. (2001); Characterization of the Tagus estuary macrobenthic communities. <i>Bol. Mus. Mun. Funchl</i> 6: 313-330	Tejo	1980-1981	X			X	X	X
CANCELA DA FONSECA, L., <i>et al.</i> (1989); Seasonal variation of benthic and fish communities in a shallow land-locked coastal lagoon (St. André, SW Portugal). <i>Sci. Mar.</i> 53 (2-3): 663-669	Lagoa de St. André	1978-1979, 1982-1986	X			X		X
CARDOSO, I. <i>et al.</i> (2012); Ecological quality assessment of small estuaries from the Portuguese coast based on benthic macroinvertebrate assemblages indices. <i>Marine Pollution Bulletin</i> 64: 1136-1142	Mira, Odeceixe, Aljezur, Gilão, Bensafrim	2010		X		X		X
CARDOSO, I., <i>et al.</i> (2010); Benthic macroinvertebrates' vertical distribution in the Tagus estuary (Portugal): the influence of the tidal cycle. <i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i> 86: 580-586	Tejo	2004		X		X	X	
CARVALHO, S., <i>et al.</i> (2001); Macrobenthic community characterisation of an estuary from the western coast of Portugal (Sado estuary) prior to dredging operations. <i>Boletín Instituto Español de Oceanografía</i> , 17: 179-190	Sado	1999		X		X		

Paper	Estuário	Ano da Amostragem	Lista de Espécies		L. littorea		Zona	
			Tem	Não tem	Tem	Não tem	Intertidal	Subtidal
CARVALHO, S., <i>et al.</i> (2011); Factors structuring temporal and spatial dynamics of macrobenthic communities in a eutrophic coastal lagoon (Óbidos lagoon, Portugal). <i>Marine Environmental Research</i> 71: 97-110	Lagoa de Óbidos	2006	X			X		X
CARVALHO, S., <i>et al.</i> (2005); Spatial and inter-annual variability of the macrobenthic communities within a coastal lagoon (Óbidos lagoon) and its relationship with environmental parameters. <i>Acta Oecol.</i> 27: 143-159	Lagoa de Óbidos	2001-2002	X		X		X	
CHAINHO, P., <i>et al.</i> (2007); Influence of seasonal variability in benthic invertebrate community structure on the use of biotic indices to assess the ecological status of a portuguese estuary. <i>Marine Pollution Bulletin</i> 54: 1586-1597	Mondego	2000-2001	X			X		X
CHAINHO, P., <i>et al.</i> (2006); Seasonal and spatial patterns of distribution of subtidal benthic invertebrate communities in the Mondego River, Portugal - a poikilohaline estuary. <i>Hydrobiologia</i> 555: 59-74	Mondego	2000-2001	X			X		X
CHAINHO, P., <i>et al.</i> (2007); Taxonomic sufficiency as a useful tool for typology in a poikilohaline estuary. <i>Hydrobiologia</i> 587: 63-78	Mondego	2000-2001	X			X		X
CHAINHO, P., <i>et al.</i> (2010); Long-term trends in intertidal and subtidal benthic communities in response to water quality improvement measures. <i>Estuaries and Coasts</i> 33: 1314-1326	Tejo	1996-2007	X			X	X	X
Chaves, M.L. (2008) Spatio-temporal dynamics of undisturbed macroinvertebrate communities in the Mondego River basin - Contribution to the ecological assessment of streams. PhD Thesis, Universidade de Lisboa, Portugal.	Mondego	2000-2001	X			X		
CHENERY, A. M. & MUDGE, M. M. (2005); Detecting anthropogenic stress in an ecosystem: 3. mesoscale variability and biotic indices. <i>Environmental Forensics</i> 6: 371-384	Ria Formosa	Não refere		X		X		X
CONDE, A., <i>et al.</i> (2013); Converse effect of flooding on intertidal macrobenthic assemblages in the Guadiana estuary. <i>Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom</i> 93 (6): 1431-1440	Guadiana	2000-2001	X			X	X	
CONDE, A., <i>et al.</i> (2013); Multivariate analysis applied to agglomerated macrobenthic data from an unpolluted estuary. <i>Marine Environmental Research</i> 87-88: 112-121	Minho	2010	X			X	X	
CONDE, A., <i>et al.</i> (2013); Distribution of intertidal macrobenthic assemblages in relation to environmental factors in the Tagus estuary, western Portugal; <i>Scientia Marina</i> , 77 (1), 179-188	Tejo	2009	X			X	X	
CONDE, A., <i>et al.</i> (2013); Intertidal macrofauna and environmental stress at a riverine-marine boundary. <i>Marine Environmental Research</i> 92: 1-9	Tejo	2011	X			X	X	

Paper	Estuário	Ano da Amostragem	Lista de Espécies		L. littorea		Zona	
			Tem	Não tem	Tem	Não tem	Intertidal	Subtidal
CONDE, A., <i>et al.</i> (2013); Characterization of an estuarine environment by means of an index on intertidal macrofauna. <i>Marine Pollution Bulletin</i> 71: 129-138	Guadiana, Tejo, Lima, Minho	Não refere	X			X	X	
CORREIA, M. J., <i>et al.</i> (2012); Inter-annual variations of macrobenthic communities over three decades in a land-locked coastal lagoon (Santo André, SW Portugal) <i>Estuar. Coast. Shelf Sci</i> 110: 168-175	Lagoa de St. André	1979, 1982-1985, 2010		X		X		X
COSTA, A. M., <i>et al.</i> (2003); Annual cycle of the benthic community of a coastal lagoon: Lagoa de Melides (Grândola, SW Portugal). <i>Rev. Biol.</i> 21 (1): 71-89	Lagoa de Melides	1988-1989	X			X	X	
DOLBETH, M. <i>et al.</i> (2007); Anthropogenic and natural disturbance effects on a macrobenthic estuarine community over a 10-year period. <i>Marine Pollution Bulletin</i> 54: 576-585	Mondego	Não refere		X	X		X	
DOLBETH, M., <i>et al.</i> (2003); Short- and long-term effects of eutrophication on the secondary production of na intertidal macrobenthic community. <i>Mar. Biol.</i> 143: 1229-1238	Mondego	1993-1995	X		X		X	
DOLBETH, M., <i>et al.</i> (2011); Long-term changes in the production by estuarine macrobenthos affected by multiple stressors. <i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i> 92: 10-18	Mondego	1993-2006	X		X		X	
DOLBETH, M., <i>et al.</i> (2013); Drivers of estuarine benthic species distribution patterns following a restoration of a seagrass bed: A functional trait analyses. <i>Marine Pollution Bulletin</i> 72: 47-54	Mondego	1986-2008		X		X	X	
FÉLIX, P. M., <i>et al.</i> (2013); Short-term versus long-term changes in the benthic communities of a small coastal lagoon: implications for ecological status assessment. <i>Vie et Milieu - Life and Environment</i> 63 (1): 11-22	Lagoa de Melides	1998-1999/2009	X			X		X
FRANÇA, S., <i>et al.</i> (2009); Spatial and temporal patterns of benthic invertebrates in the Tagus estuary, Portugal: comparison between subtidal and an intertidal mud-flat. <i>Sci. Mar.</i> 73: 307-318	Tejo	2004	X			X	X	X
GAMITO, S. & FURTADO, R. (2009); Feeding diversity in macroinvertebrate communities: A contribution to estimate the ecological status in shallow waters. <i>Ecological Indicators</i> 9: 1009-1019	Ria Formosa	1985-1997		X		X		X
GAMITO, S. (2006); Benthic ecology of semi-natural coastal lagoons, in the Ria Formosa (Southern Portugal), exposed to different water renewal regimes. <i>Hydrobiologia</i> 555: 75-87	Ria Formosa	1985-1986/1996/1997		X		X		X



Paper	Estuário	Ano da Amostragem	Lista de Espécies		L. littorea		Zona	
			Tem	Não tem	Tem	Não tem	Intertidal	Subtidal
GAMITO, S. J. (1989); The benthic macrofauna of some water reservoirs of salt-pans from Ria Formosa (Portugal). Topics in marine biology. Ros, J.D. (Ed.). Scient. Mar. 53 (2-3): 639-644	Ria Formosa	1984-1986		X		X		X
GAMITO, S., <i>et al.</i> (2012); The importance of habitat-type for defining the reference conditions and the ecological quality status based on benthic invertebrates: The Ria Formosa coastal lagoon (Southern Portugal) case study. Ecol Indic 19: 61-72	Ria Formosa	2006, 2008	X			X		X
GAUDÊNCIO, M. J. & CABRAL, H. N. (2007); Trophic structure of macrobenthos in the Tagus estuary and adjacent coastal shelf. Hydrobiologia 587: 241-251	Tejo	1987-2000	X			X		X
GRILO, T. F., <i>et al.</i> (2011); Effects of extreme climate events on the macrobenthic communities' structure and functioning of a temperate estuary. Marine Pollution Bulletin 62: 303–311	Mondego	1993, 1995, 1999, 2008		X		X		X
MAIA-MENDES, M. (2007); Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentónicos do estuário do rio Minho. Dissertação de Mestrado, Univ. do Porto	Minho	2003	X			X	X	X
MARQUES, J. C., <i>et al.</i> (1993); Human Impact Assessment on the subtidal macrobenthic community structure in the Mondego estuary (western Portugal). Estuarine, Coastal and Shelf Science 37: 403-419	Mondego	1989-1990	X			X		X
MARQUES, J.C., <i>et al.</i> (1993); Intertidal benthic communities' structure in the Mondego estuary (western Portugal): reference situation. Vie et Milieu 43, 177–187	Mondego	1981	X		X		X	X
MARQUES, L., <i>et al.</i> (2013); Response of intertidal macrobenthic communities and primary producers to mitigation measures in a temperate estuary. Ecological Indicators 25: 10-22	Mondego	1985-2009	X		X		X	
MARTINS, R., <i>et al.</i> (2013); Diversity and spatial distribution patterns of the soft-bottom macrofauna communities on the Portuguese continental shelf. Journal of Sea Research 83: 173-186	Portugal Continental	Não refere	X			X		X
MARTINS, R., <i>et al.</i> (2014); Diversity, distribution and ecology of benthic molluscan communities on the Portuguese continental shelf. Journal of Sea Research 93: 75-89	Portugal Continental	Não refere	X			X		X
MEDEIROS, J. P., <i>et al.</i> (2012); Benthic condition in low salinity areas of the Mira estuary (Portugal): lessons learnt from freshwater and marine assessment tools. Ecol Indic 19: 79-88	Mira	2006-2007		X		X		X

Paper	Estuário	Ano da Amostragem	Lista de Espécies		L. littorea		Zona	
			Tem	Não tem	Tem	Não tem	Intertidal	Subtidal
MOREIRA, M. H., <i>et al.</i> (1993); Environmental gradients in a Southern Europe estuarine system: Ria de Aveiro, Portugal: implications for soft bottom macrofauna colonization. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 27: 465-482	Ria de Aveiro	1985-1986	X			X		X
MUCHA, A. P. & COSTA, M. H. (1999); Macrozoobenthic community structure in two Portuguese estuaries: Relationship with organic enrichment and nutrient gradients. Acta. Oecol. 20: 363-376	Sado, Ria de Aveiro	1994-1995	X			X		X
MUCHA, A. P., <i>et al.</i> (2003); Macrobenthic community in the Douro estuary: relations with trace metals and natural sediments characteristics. Environmental Pollution 121: 169-189	Douro	1996-1997	X			X	X	
MUCHA, A. P., <i>et al.</i> (2004); Vertical distribution of the macrobenthic community and its relationships to trace metals and natural sediment characteristics in the lower Douro estuary, Portugal. Estuarine, Coastal and Shelf Science 59: 663-673	Douro	1998	X			X	X	
NUNES, M., <i>et al.</i> (2008); The macrobenthic community along a mercury contamination in a temperate estuarine system (Ria de Aveiro, Portugal). Science of the Total Environment 405: 186-194	Ria de Aveiro	2006	X			X	X	
PATRÍCIO, J., <i>et al.</i> (2006); Ascendency as ecological indicator for environmental quality assessment at the ecosystem level: a case study. Hydrobiologia 555: 19-30	Mondego	1993-1994	X		X		X	
PATRÍCIO, J. & MARQUES, J. C. (2006); Mass balanced models of the food web in three areas along a gradient of eutrophication symptoms in the south arm of the Mondego estuary. Ecological Modelling 197: 21-34	Mondego	1993-1994	X		X		X	
PINTO, P. (1982); Resultados preliminares sobre a cartografia bentónica do estuário do rio Sado. (Setúbal, Portugal). Oecologia aquatica 6: 85-89.	Sado	Não refere		X		X		X
QUINTINO, V., <i>et al.</i> (1987); Macrozoobenthic community structure in the Lagoon of Albufeira, western coast of Portugal. J. Exp. Mar. biol. Ecol. 106: 229-241	Lagoa de Albufeira	1984-1985	X			X		X
QUINTINO, V., <i>et al.</i> (1989). Assessment of macrozoobenthic communities in the lagoon of Óbidos, western coast of Portugal. Scientia Marina 53:645-654	Lagoa de Óbidos	1984-1986	X		X		X	
RODRIGUES, A. M., <i>et al.</i> (2006); Spatial patterns of benthic macroinvertebrates in intertidal areas of a southern european estuary: the Tagus, Portugal. Hydrobiologia 555: 99-113	Tejo	2002	X			X	X	

Paper	Estuário	Ano da Amostragem	Lista de Espécies		L. littorea		Zona	
			Tem	Não tem	Tem	Não tem	Intertidal	Subtidal
RODRIGUES, A. M., <i>et al.</i> (2007); Spatial heterogeneity recognition in estuarine intertidal benthic macrofaunal communities: influence of sieve mesh-size and sampling depth. <i>Hydrobiologia</i> 587: 37-50	Tejo	2001	X			X	X	
RODRIGUES, A. M., <i>et al.</i> (2011); Benthic biodiversity patterns in Ria de Aveiro, Western Portugal: Environmental biological relationships. <i>Estuar. Coast. Shelf Sci.</i> 95: 338-348	Ria de Aveiro	1999	X			X	X	X
SALAS, F., <i>et al.</i> (2004); Evaluation of the applicability of a marine biotic index to characterize the status of estuarine ecosystems: the case of Mondego estuary (Portugal). <i>Ecological Indicators</i> 4: 215-255	Mondego	1993/1994; 1998/2000		X		X	X	X
SALAS, F., <i>et al.</i> (2008); Applicability of the trophic index TRIX in two transitional ecosystems: the Mar Menor lagoon (Spain) and the Mondego estuary (Portugal). <i>ICES Journal of Marine Science</i> 65: 1442-1448	Mondego	2003-2006		X		X		X
SÁNCHEZ-MOYANO, J. E., <i>et al.</i> (2003); Influencia del gradiente ambiental sobre la distribución de las comunidades macrobentónicas del estuario del río Guadiana. <i>Bol. Inst. Esp. Oceanogr.</i> 19 (1-4): 123-133	Guadiana	Não refere	X			X		X
SILVA, A. C. F., <i>et al.</i> (2012); Estuarine biodiversity as an indicator of groundwater discharge. <i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i> 97: 38-43	Arade	2008-2010		X		X		X
SILVA, G., <i>et al.</i> (2006); Structure and dynamics of a benthic invertebrate community in an intertidal area of the Tagus estuary, western Portugal: a six year data series. <i>Hydrobiologia</i> 555: 115-128	Tejo	1996-2002	X			X	X	
SOUSA, R. <i>et al.</i> (2007); Subtidal macrobenthic structure in the lower Lima estuary, NW of Iberian Peninsula. <i>Ann. Zool. Fennici</i> 44:303-313	Lima	2001-2002	X			X		X
SOUSA, R. <i>et al.</i> (2008); Subtidal macrozoobenthic assemblages along the River Minho estuarine gradient (NW of Iberian Peninsula). <i>Aquat. Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.</i> 18: 1063-	Minho	2006	X			X		X
SOUSA, R., <i>et al.</i> (2006); Spatial subtidal macrobenthic distribution in relation to abiotic conditions in the Lima estuary, NW of Portugal. <i>Hydrobiologia</i> 559: 135-148	Lima	2002	X			X		X
TEIXEIRA, H., <i>et al.</i> (2008); A benthic perspective in assessing the ecological status of estuaries: the case of the Mondego estuary (Portugal). <i>Ecological indicators</i> 8: 404-416	Mondego	2002-2005		X		X		X

Paper	Estuário	Ano da Amostragem	Lista de Espécies		L. littorea		Zona	
			Tem	Não tem	Tem	Não tem	Intertidal	Subtidal
TEIXEIRA, H., <i>et al.</i> (2007); Applicability of ecological evaluation tools in estuarine ecosystems: the case of the lower Mondego estuary, Portugal. <i>Hydrobiologia</i> , 587: 101-112	Mondego	1990-2002		X		X		X
TEIXEIRA, H., <i>et al.</i> (2009); Quality assessment of benthic macroinvertebrates under the scope of WFD using BAT, the Benthic Assessment Tool. <i>Marine Pollution Bulletin</i> 58: 1477-1486	Mondego	1990-2006		X		X		X
TEIXEIRA, H., <i>et al.</i> (2008); Ecological indices tracking distinct impacts along disturbance-recovery gradients in a temperate NE Atlantic Estuary - Guidance on reference values. <i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i> 80: 130-140	Mondego	1990-2006		X		X		X
COSTA-DIAS, S., <i>et al.</i> (2010); Factors influencing epibenthic assemblages in the Minho estuary (NW Iberian Peninsula). <i>Marine Pollution Bulletin</i> 61: 240-246	Minho	2006	X			X	X	
FERREIRA SOARES, A., <i>et al.</i> (2007); The Farol Deposit (Depósito do Farol) - a Pleistocene beach deposit from Cape Mondego (Figueira da Foz, West Central Portugal). <i>Ciências da Terra (UNL)</i> 16: 163-173	Mondego	Não refere		X	X		X	
NOBRE, A. (1940) <i>Moluscos marinhos e das águas salobras</i> . Companhia editora do Minho, Barcelos, p. 267	Portugal Continental	Não refere		X	X		X	X
SOUSA, R., <i>et al.</i> (2007); Species composition and monthly variation of the Molluscan fauna in the freshwater subtidal area of the River Minho estuary. <i>Estuarine Coastal and Shelf Science</i> 75: 90-100	Minho	2005	X			X		X